

AF - Technik 2015 OE1KIS

Verfasst von

Dipl.-Ing. Rainer KIRSCH OE1KIS

© 2015

unter Berücksichtigung des
amtlichen Fragenkataloges
des bmvit 2009

für die Bewillungsklassen 1 bzw. 3-4

AF - Technik 2015 OE1KIS

Im Internet zu finden unter:

<http://members.chello.at/~r.kirsch/af/>

Autor per email erreichbar:

oe1kis@oevsv.at

AF - Technik 2015 OE1KIS

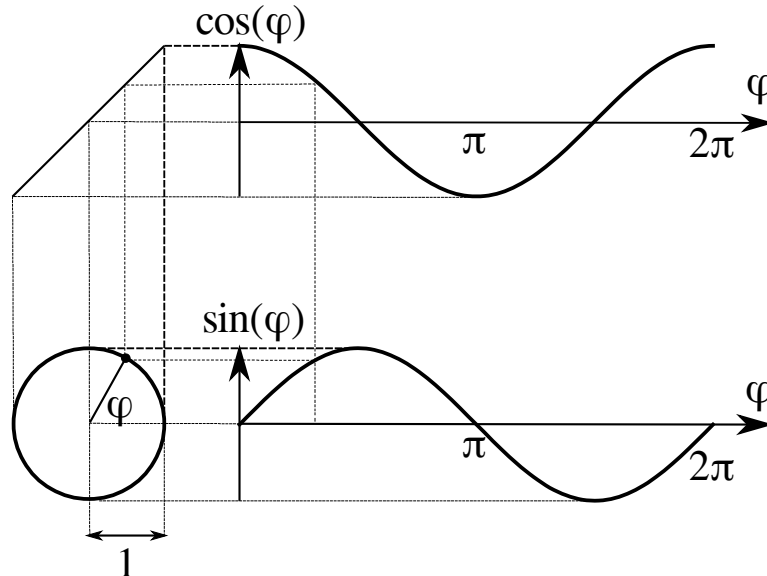
- Vorsilben für Vervielfachung
(meist Großbuchstaben)
- k - Kilo (Ausnahme: Kleinbuchstabe) $\times 1000 = \times 10^3$
- M - Mega $\times 1000\ 000 = \times 10^6$
- G - Giga $\times 1000\ 000\ 000 = \times 10^9$

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Vorsilben für Verkleinerung
(Klein oder griechische Buchstaben)
- m milli $\div 1000 = * \frac{1}{10^3} = * 10^{-3}$
- μ mikro $* \frac{1}{10^6} = * 10^{-6}$
- n nano $* \frac{1}{10^9} = * 10^{-9}$
- p piko $* \frac{1}{10^{12}} = * 10^{-12}$

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Sinus und Cosinus



Der Winkel in rad ist die zugehörige Bogenlänge auf einem Einheitskreis:

$$0^\circ \hat{=} 0 \quad 90^\circ \hat{=} \frac{\pi}{2} \quad 180^\circ \hat{=} \pi$$

AF - Technik 2015 OE1KIS

- zur besseren Vorstellung:

Vergleiche Wasserkreislauf - Stromkreislauf

	Wasser	Elektrisch
Menge	Volumen	el.Ladungs-Menge Coloumb
Strömung	Volumen / Zeit	el.Strom Ampere Ladung / Zeit
Potential	Druck = (Gewichts-) Kraft / Fläche	el.Spannung

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Leiter** [1.2]
sind Materialien die den el.Strom sehr gut leiten
z.B. Metalle, Kohle, Säuren
- **Nichtleiter** (vulgo Isolatoren)
leiten den el.Strom sehr schlecht (= fast nicht)
z.B. Keramik, Kunststoff, trockenes Holz
- **Halbleiter**
verändern ihre Leitfähigkeit
auf Grund physikalischer (Druck, Licht)
oder elektrischer Einflüsse

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Ohmsches Gesetz**

[1.1a]

el.Spannung = Widerstand * Strom

$$U = R * I$$

$$1V = 1\Omega * 1A$$

el.Spannung U gemessen in Volt

- el.Strom I gemessen in Ampere

- Widerstand R gemessen in Ohm

$$I = \frac{U}{R}$$

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Kirchhoff'sche Gesetz(e)**

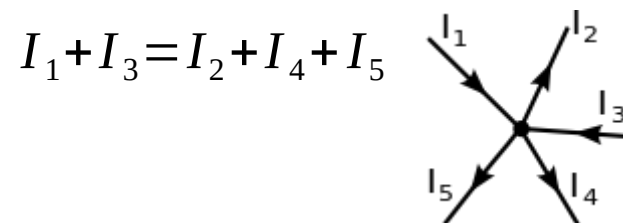
[1.1b]

1.Knotenregel

In einem Knoten (= Verbindungspunkt) ist die Summe der zufließenden Ströme

=

der Summe der abfließenden Ströme



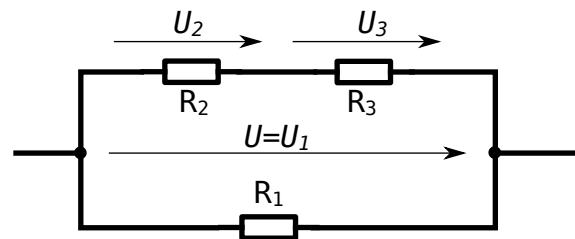
- wer mehr wissen will:

https://de.wikipedia.org/wiki/Kirchhoffsche_Regeln

2. Maschenregel

[1.1c]

Die Spannung zwischen zwei Knoten eines Netzwerkes ist gleich der Summe der Teilspannungen unabhängig vom gewählten Weg



$$U = U_1 = U_2 + U_3$$

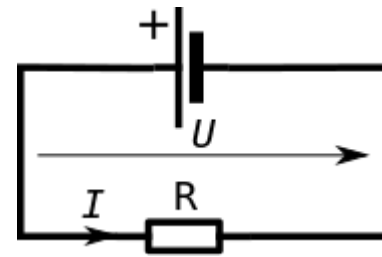
AF - Technik 2015 OE1KIS

- Anwendung vom Ohmschen Gesetz

- Bsp.:

geg: $U = 5V$ $R = 5k\Omega$

ges: I



AF - Technik 2015 OE1KIS

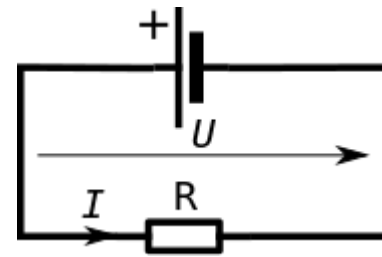
- Anwendung vom Ohmschen Gesetz

- Bsp.:

geg: $U = 5V$ $R = 5k\Omega$

ges: I

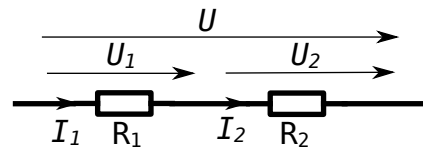
$$I = U_R = \frac{5V}{5000\Omega} = \frac{1}{1000} A = 1mA$$



AF - Technik 2015 OE1KIS

- Widerstands-Serienschaltung

[1.11a]



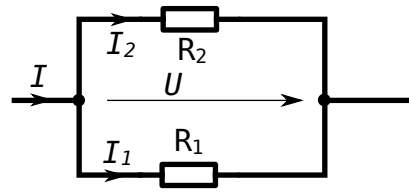
$$I = I_1 = I_2$$

$$U = U_1 + U_2$$

$$R = \frac{U}{I} = R_1 + R_2$$

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Parallelschaltung von Widerständen [1.11b]



$$I = I_1 + I_2$$

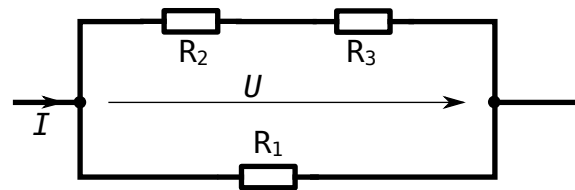
$$U = I_1 * R_1 = I_2 * R_2$$

$$\frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

entsprechend
für mehrere
Widerstände

AF - Technik 2015 OE1KIS

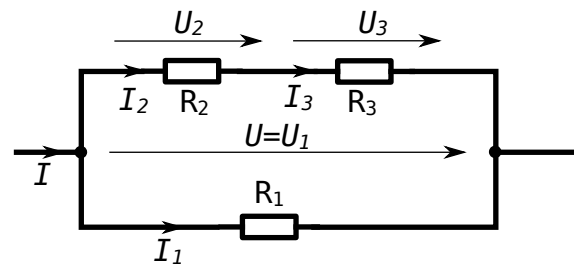
- Kombination von Knoten- und Maschenregel:



- gegeben sind Spannung und Widerstände
gesucht ist der Strom
durch die Gesamtschaltung

AF - Technik 2015 OE1KIS

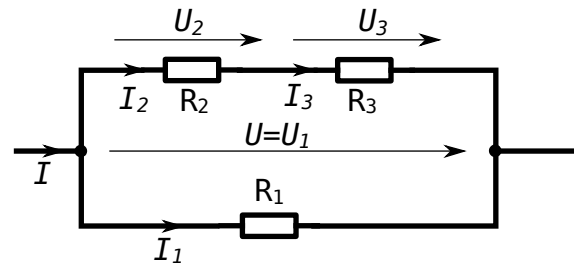
- Kombination von Knoten- und Maschenregel



Schaltung mit eingezeichneten
Spannungen und Strömen
an den vorhandenen Bauteilen

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Kombination von Knoten- und Maschenregel

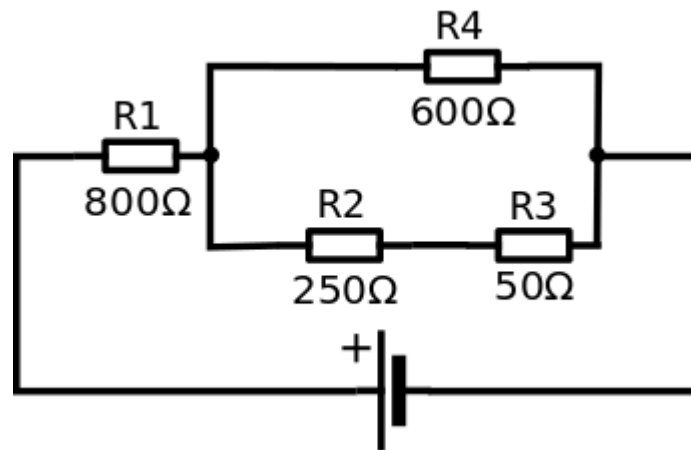


$$R_{23} = R_2 + R_3 \qquad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{23}}$$

$$\frac{U}{R_{123}} = I$$

AF - Technik 2015 OE1KIS

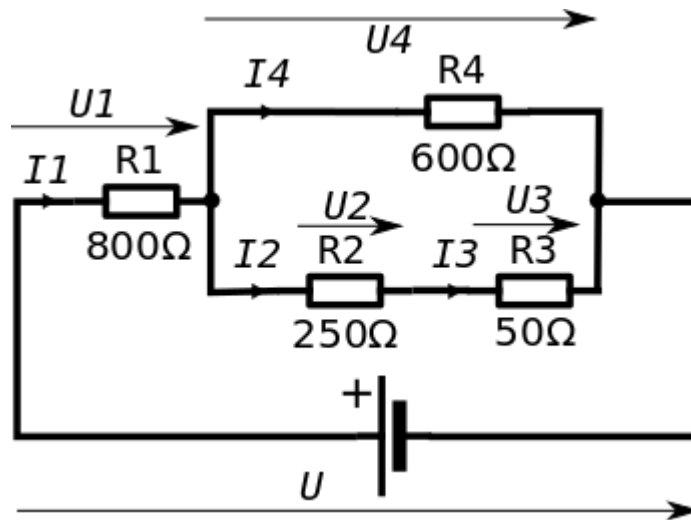
- Berechnung eines Stromkreises



welcher Strom fließt durch die Schaltung,
wenn die Batteriespannung $U=5V$?

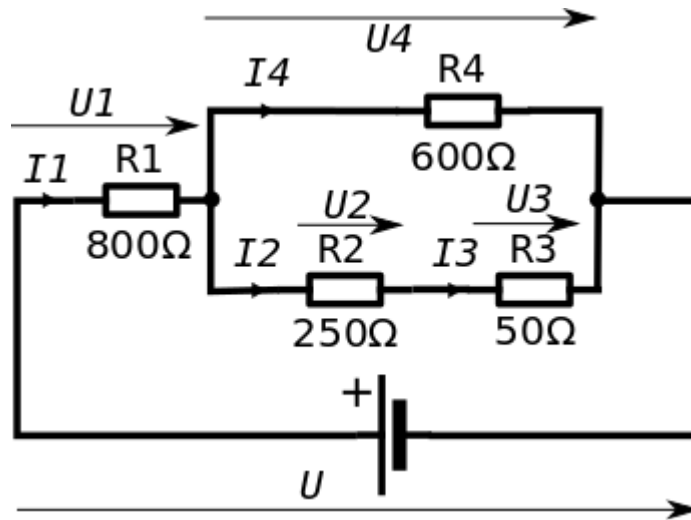
AF - Technik 2015 OE1KIS

- Stromkreisberechnung



AF - Technik 2015 OE1KIS

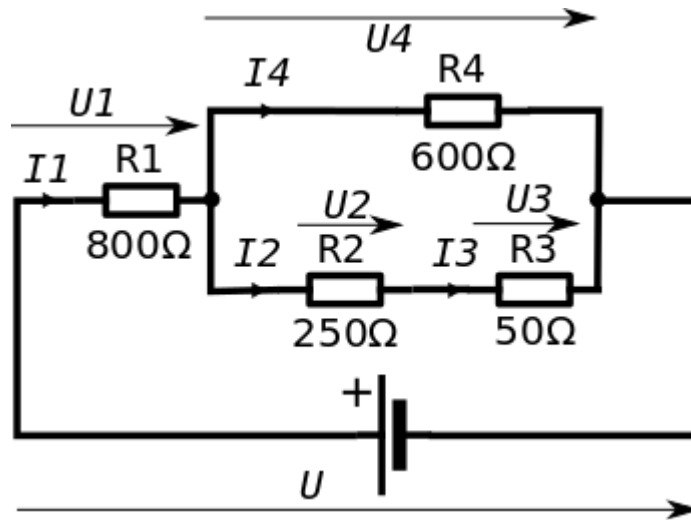
- Stromkreisberechnung



$$R_{23} = R_2 + R_3 = (250 + 50) \Omega = 300 \Omega$$

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Stromkreisberechnung

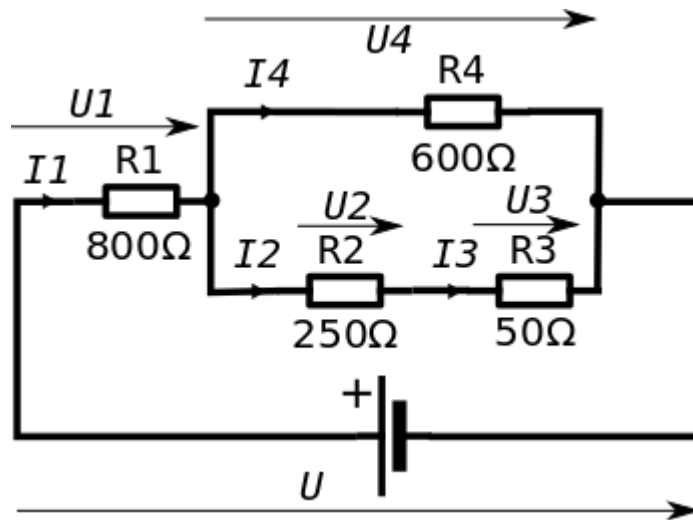


$$R_{23} = 300 \Omega$$

$$R_{23} \parallel R_4 = \frac{R_{23} * R_4}{R_{23} + R_4} = \frac{600 * 300}{600 + 300} \Omega = \frac{1800}{9} \Omega = 200 \Omega$$

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Stromkreisberechnung

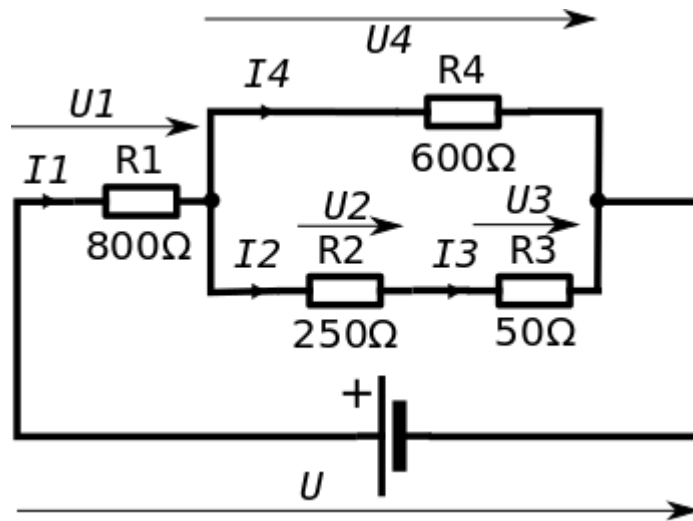


$$R_{234} = R_{23} \parallel R_4 = 200 \Omega$$

$$R_{1234} = R_1 + R_{234} = (800 + 200) \Omega = 1000 \Omega$$

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Stromkreisberechnung



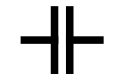
$$\text{Gesamtstrom } I = \frac{U}{R_{1234}} = \frac{5 \text{ V}}{1000 \Omega} = \frac{5}{1000} \text{ A} = 5 \text{ mA}$$

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Kondensator**

[1.3]

besteht aus zwei Leiterplatten die voneinander durch einen Isolator getrennt sind
dient als Ladungsspeicher



- **Kapazität** - Einheit Farad F



Mikro-Farad

$$1 \mu F = (1/10^6) F$$

Nano-Farad

$$1 nF = (1/10^9) F$$

Pico-Farad

$$1 pF = (1/10^{12}) F$$

- Parallelschaltung $C_1 || C_2 = C_1 + C_2$

- Serienschaltung

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

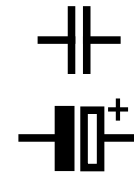
[1.11]

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Kondensator**

[1.3]

beim Anlegen an Gleichspannung
lädt er sich auf
danach kann kein weiterer
Gleichstrom über ihn fließen



- bei Beschriftung mit + Kennzeichnung
der positiven Elektrode eines
(polarisierten) Elektrolytkondensators
welcher bei falscher Polung zerstört wird

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Das Dielektrikum** [1.12]
ist ein nichtleitender Stoff der,
zwischen die Platten eines Kondensators
gebracht, seine Vakuumkapazität erhöht
- die Durchschlagfestigkeit gibt jene Spannung
an ab der das Dielektrikum seine Isolations-
eigenschaft verlieren kann und es zu Überschlägen
zwischen den Kondensator-
platten kommt.

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Die Dielektrizitätskonstante gibt an um wieviel die Kapazität durch die Einbringung des Dielektrikums erhöht wird.

Luft	1
Al-Oxyd	7
Papier	1-4
Tantalperoxyd	27
reines (!) Wasser	80

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Kapazitiver Blindwiderstand** [1.16]

$$X_C = \frac{1}{2 * \pi * f * C} \quad [C] = 1 F (arad)$$

der Widerstand sinkt mit der Frequenz

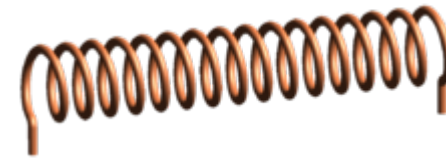
- Der (sinusförmige) Strom eilt der (sinusförmigen) Spannung im Kondensator um 90° voraus.

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Spule / Induktivität L** [1.4]

besteht aus mehreren Windungen eines Leiters
meist auf einem magnet.leitenden Kern

Einheit Henry



- bei Gleichspannung:
konstantes Magnetfeld um Spule
Gleichstrom kann über die Spule fließen



- bei Wechselspannung:
dauernde Ummagnetisierung

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Induktiver Blindwiderstand** [1.15]

$$X_L = 2 * \pi * f * L$$

$$[f] = 1 \text{ Hz}, [L] = 1 \text{ H (Henry)}$$

Der Widerstand steigt mit der Frequenz

- Der (sinusförmige) Strom eilt der (sinusförmigen) Spannung um 90° nach.

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Permeabilität** μ_r [1.10]
Maß für die Erhöhung der Induktivität durch einen Nicht-Vakuum-Kern
- **Diamagnetische Stoffe** $0 \leq \mu_r < 1$
besitzen eine geringfügig kleinere Permeabilität als das Vakuum,
z.B: Stickstoff, Kupfer oder Wasser.
Diamagnetische Stoffe haben das Bestreben, das Magnetfeld aus ihrem Innern zu verdrängen.

AF - Technik 2015 OE1KIS

- In **paramagnetischen Stoffen** $\mu_r > 1$ [1.10]
richten sich die atomaren magnetischen Momente in externen Magnetfeldern aus und verstärken damit das Magnetfeld im Innern des Stoffes z.B.:
Sauerstoff, Luft
- **Ferromagnetische (weichmagnetische) Stoffe** $\mu_r \gg 1$
z.B. Eisen, Ferrite, Kobalt, Nickel
verstärken das äußere Magnetfeld sehr stark
 $\mu_r = 3000 \dots 300\,000$

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Wärmeverhalten** von elektrischen Bauelementen (und deren ohmschen Widerstandes) [1.5]
- **positiver Temperaturkoeffizient**
Widerstand steigt bei Temperatur-Anstieg
bei Metallen
- **negativer Temperaturkoeffizient**
Widerstand sinkt bei Temperatur-Anstieg
bei Halbleitern, Kohlenstoff (Graphit)

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Kenngößen von „Stromquellen“** [1.6]
(eigentl. Gleich-Spannungs-Quellen)
Zwei Elektroden
aus unterschiedlichem Material
in einem Elektolyt
haben zueinander eine typische Spannung
- z.B. Zink-Kohle 1,5V
- **Primärzellen** - nicht wieder aufladbar
- **Sekundärzellen** - Akkumulatoren
sind wiederaufladbare elektrochemische Energiespeicher

AF - Technik 2015 OE1KIS

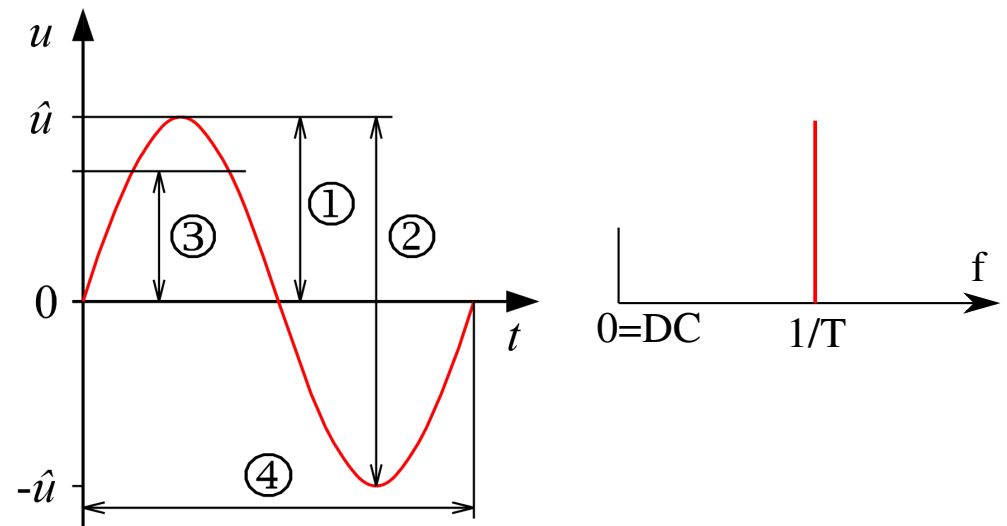
- Reale Spannungsquellen haben einen Innenwiderstand
- viele Spannungsquellen überhitzen bei Kurzschluss an den Anschlussklemmen und können dadurch unbrauchbar werden

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Bei Gleichspannung bleibt die Spannung konstant und ändert die Polarität nicht [1.9]
- Bei Wechselspannung kommt es zu einer periodischen (regelmäßig wiederkehrenden) Umkehr der Spannung zum sinusförmigen Verlauf siehe [1.7]

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Sinusförmige und Nichtsinusförmige Signale [1.7]
- Jedes periodische Signal lässt sich aus sinusförmigen Teilsignalen zusammensetzen
- Scheitelspannung (1)
- Periodendauer (4) T



AF - Technik 2015 OE1KIS

- Frequenz (in Hertz Hz) als Kenngröße periodischer Signale

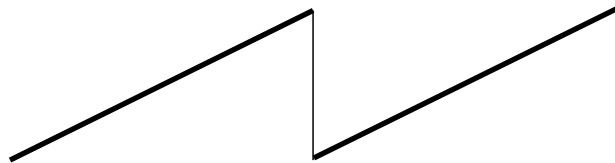
$$1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz} = 1000 \text{ MHz} = 1000\ 000 \text{ kHz}$$

$$1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz} = 1000 \text{ kHz}$$

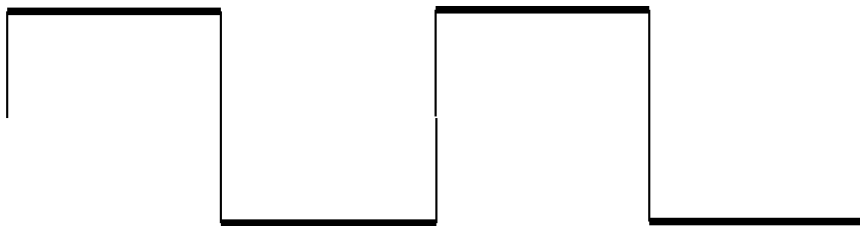
$$1 \text{ kHz} = 10^3 \text{ Hz}$$

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Beispiele für Nichtsinusförmige Signale [1.7]
- Sägezahnsignal



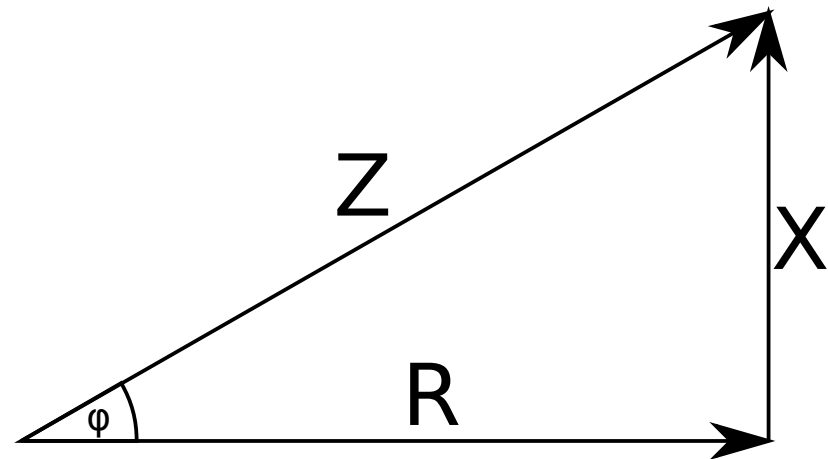
- Rechtecksignal



AF - Technik 2015 OE1KIS

[3-4.14]

- **Widerstände** bei sinusf. Wechselstrom
- **Wirkwiderstand** R
- **Blindwiderstand** X
- **Scheinwiderstand** Z
- $\varphi=0^\circ$ ohmscher W.
- $\varphi=90^\circ$ Induktivität
- $\varphi=-90^\circ$ Kapazität



AF - Technik 2015 OE1KIS

- Elektrischer Widerstand R
Einheit Ohm Ω
- el. Leitwert [1.14, 3-4.14]
Kehrwert des el. Widerstandes

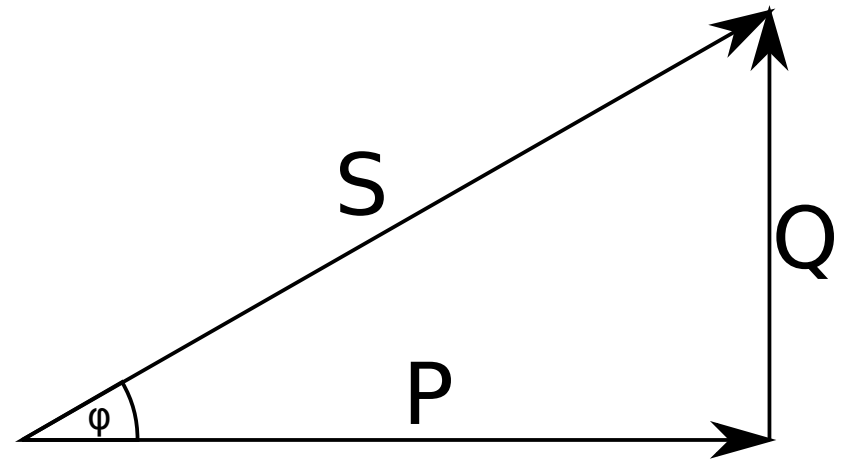
$$G = \frac{1}{R}$$

AF - Technik 2015 OE1KIS

Wirk-, Blind- u. Schein-**Leistung**
bei (sinusförmigem) Wechselstrom [1.13]

- Leistung - Energieumsatz pro Zeit
- Wirkleistung P
- Blindleistung Q
- Scheinleistung S

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

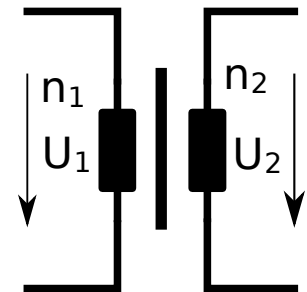


AF - Technik 2015 OE1KIS

Transformator

[1.17]

- einfachster Fall: 2 gekoppelte Wicklungen auf Eisenkern
- Transformation der Wechselspannungen proportional zu Wicklungsverhältnis $\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1}$
- Transformation der Ströme umgekehrt proportional zum Wicklungsverhältnis $\frac{n_2}{n_1} = \frac{I_1}{I_2}$



AF - Technik 2015 OE1KIS

Transformator

[1.17]

- Kenndaten:
 - Windungszahlen (daraus: Übersetzungsverhältnis)
 - max.übertragbare Leistung
- Eisenkerne werden aus Blechen zusammengesetzt um Wirbelstromverluste zu minimieren
- (meist kernlose) Transformatoren für Signalübertragung werden **Übertrager** genannt

AF - Technik 2015 OE1KIS

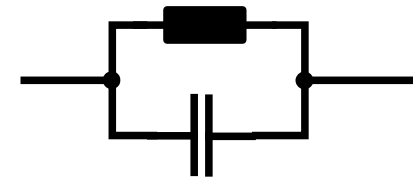
Resonanzschwingkreis

[1.18]

- 2 Varianten

Serien-Schwingkreis

Parallel-Schwingkreis



Resonanzfrequenz

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

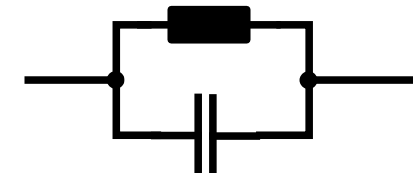
AF - Technik 2015 OE1KIS

- Resonanzschwingkreis

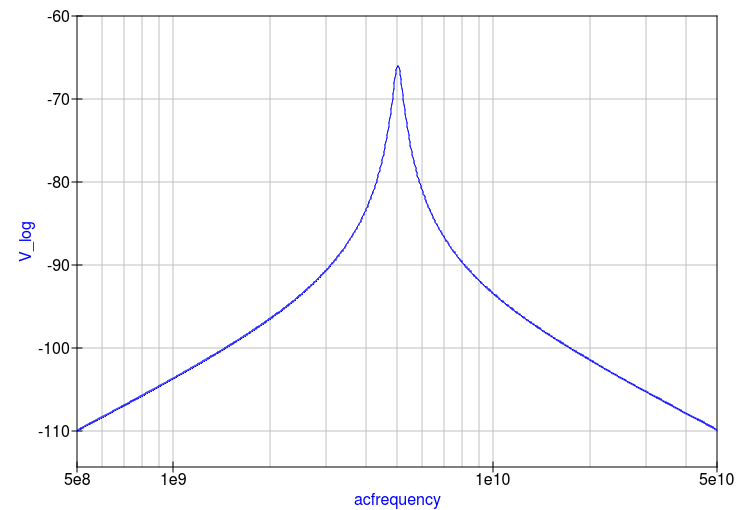
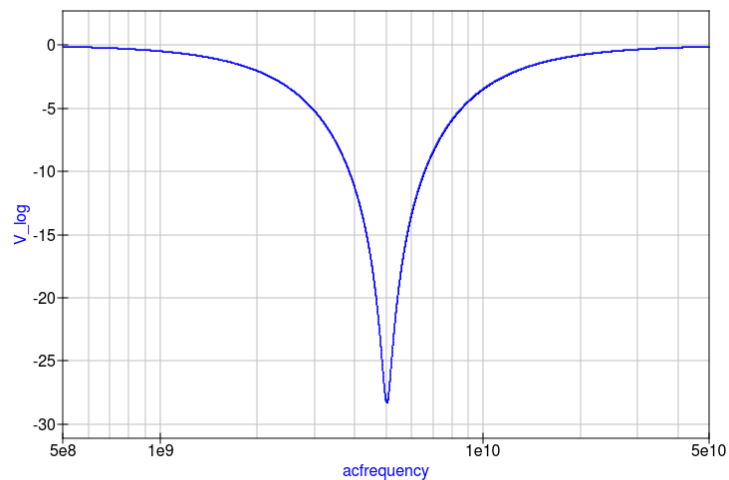
[1.18]



- seriell

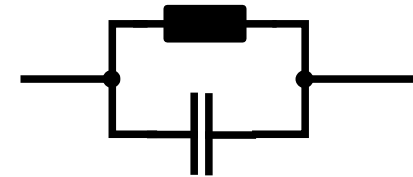


parallel



AF - Technik 2015 OE1KIS

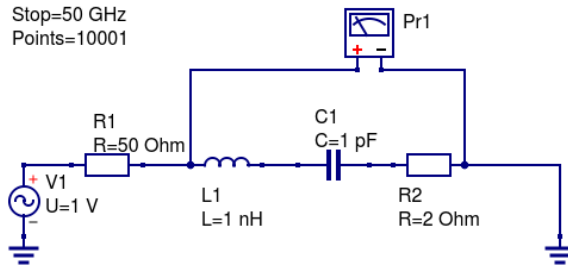
- Resonanzschwingkreis



- seriell

ac simulation

AC1
Type=log
Start=500 MHz
Stop=50 GHz
Points=10001



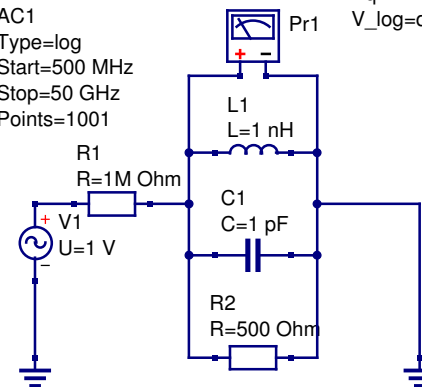
Equation
Eqn1
V_log=dB(Pr1.v)

- Simulation mit qucs <http://qucs.sourceforge.net/>

- parallel

ac simulation

AC1
Type=log
Start=500 MHz
Stop=50 GHz
Points=1001



Equation
Eqn1
V_log=dB(Pr1.v)

AF - Technik 2015 OE1KIS

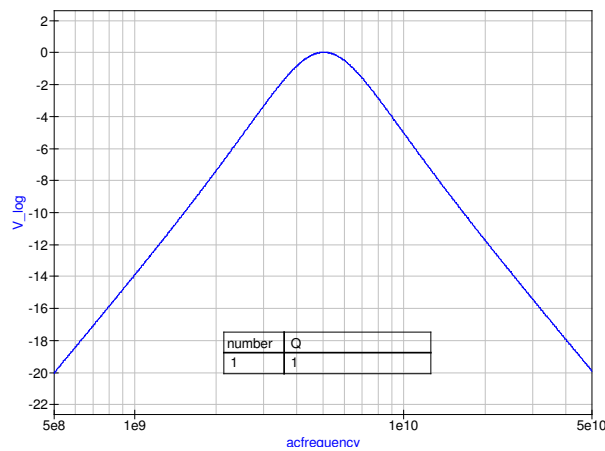
- Die **Güte Q** ist ein Maß für die Verluste im Schwingkreis [1.18]
- Die **Bandbreite B** gibt den Bereich an, wo der Betrag der Impedanz Z auf 70,7% abgesunken ist

$$Q = \frac{f_R}{B}$$

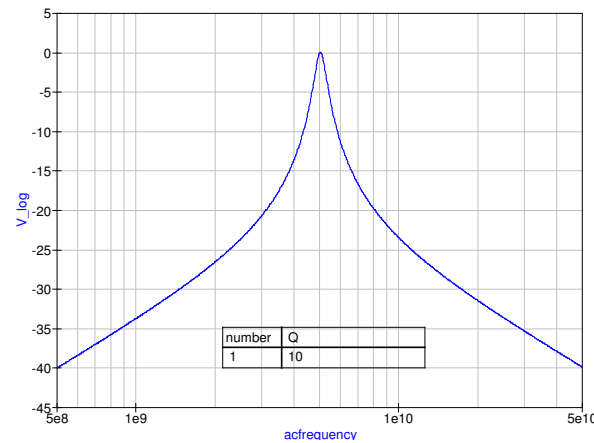
- Somit sind f_R, Q, B die Kenngrößen des Resonanzschwingkreises

AF - Technik 2015 OE1KIS

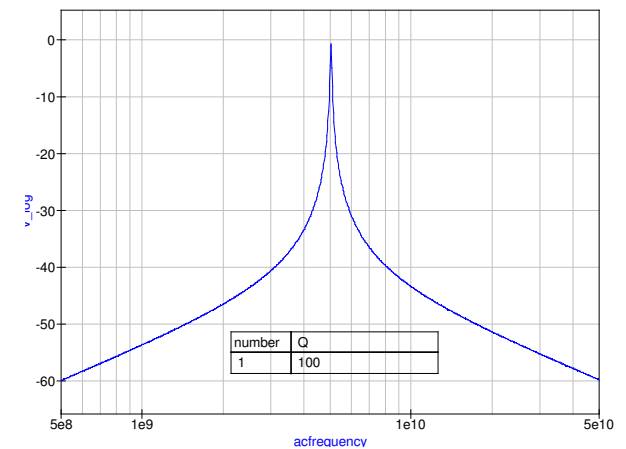
- **Güte** des Resonanzschwingkreises [1.18]



$$Q_P = 1 \quad R_P = 31.7 \Omega$$



$$Q_P = 10 \quad R_P = 317 \Omega$$



$$Q_P = 100 \quad R_P = 3.17 \text{ k}\Omega$$

$$Q_P = R_P \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$Q_S = \frac{1}{R_S} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

AF - Technik 2015 OE1KIS

Schwingkreis-Anwendungen in
Filter-Schaltungen

[1.19]

- **Tiefpass** - lässt nur niedrige Frequenzen durch
- **Hochpass** - lässt nur hohe Frequenzen durch
- **Bandsperre** - sperrt einen bestimmten Frequenzbereich
- **Bandpass** - lässt einen bestimmten Frequenzbereich durch

AF - Technik 2015 OE1KIS

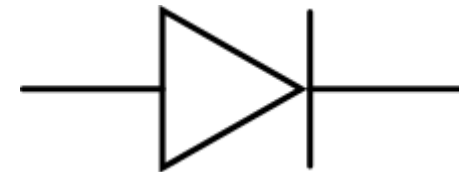
- Halbleiter-Bauelemente [1.22]
- Ausgangsmaterial
Silizium (Si), Germanium (Ge)
- Dotierungen - winzige Verunreinigungen
p oder n - Dotierung
positiv oder negativ leitend
- Diode
- Transistor

AF - Technik 2015 OE1KIS

Diode

[1.23],[3-4.22]

- Zweischicht-Halbleiter
- pn-Übergang läßt Strom nur in einer Richtung durch
- Anwendungen:
 - Gleichrichter
 - Lichterzeugung LED
 - Zenerdiode als Spannungsreferenz
 - veränderbare Kapazität - Kapazitätsdiode



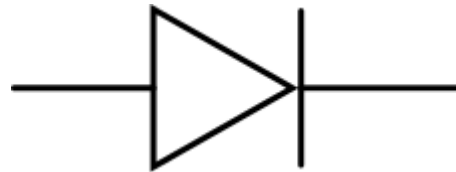
AF - Technik 2015 OE1KIS

Diode

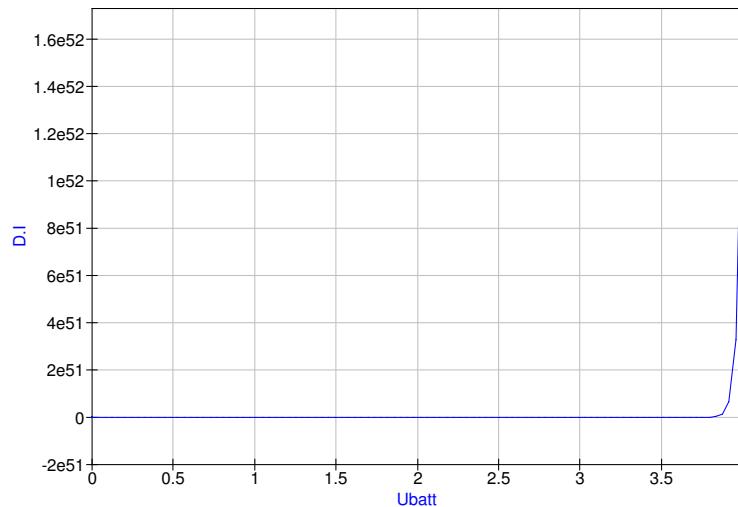
[1.23],[3-4.22]

- Zweischicht-Halbleiter

- Anode



Kathode



AF - Technik 2015 OE1KIS

Diode

[1.23],[3-4.22]

- **Durchbruchspannung**
maximale Spannung in Sperr-Richtung
eine definierte Durchbruchspannung
wird bei **Zener-Dioden** als Spannungsreferenz
benützt

AF - Technik 2015 OE1KIS

Diode

[1.23],[3-4.22]

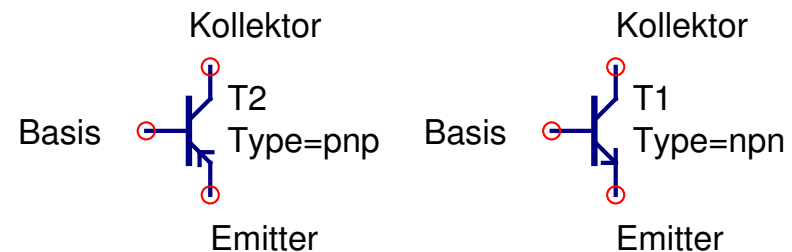
- **Kapazitätsdiode**

nützt den Diodenaufbau aus zwei leitenden Schichten als Kondensator dessen Kapazität von der anliegenden Spannung abhängig ist
Anwendung im VCO =
voltage controlled oscillator

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Transistor
- Dreischicht-Halbleiter
- npn oder pnp
- Basis dünn
und schwach dotiert
- der Kollektorstrom ist proportional zum
Basisstrom
ohne Basisstrom sperrt der Transistor

[1.24]



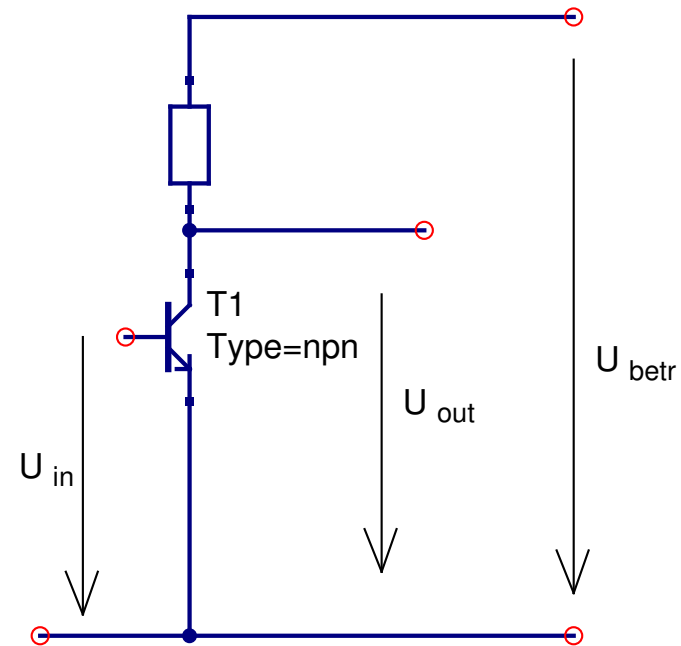
AF - Technik 2015 OE1KIS

- Transistor-Grundsaltungen [1.24]
- benannt nach der für Ein- und Ausgang gemeinsam benützten Elektrode

- **Emitterschaltung**

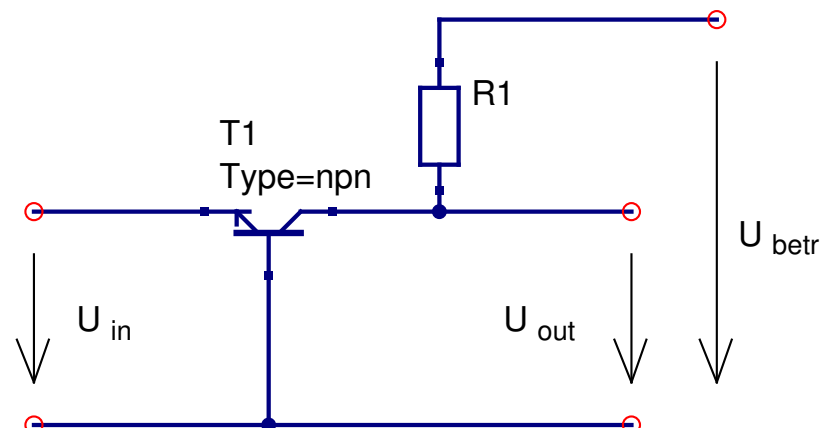
Verstärkerschaltungen
Ausgang um 180°
phasenversetzt

- Anwendung
in NF und HF Verst.
Leistungsverstärker, Schalter



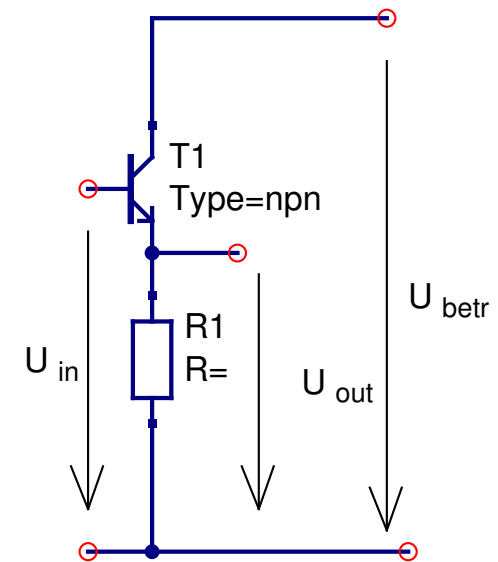
AF - Technik 2015 OE1KIS

- Transistor-Grundsaltungen [1.24]
- **Basischaltung**
- Anwendung HF Verstärker
- neigen zum Schwingen



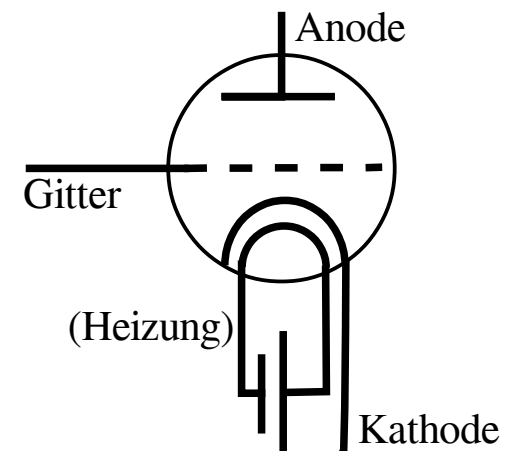
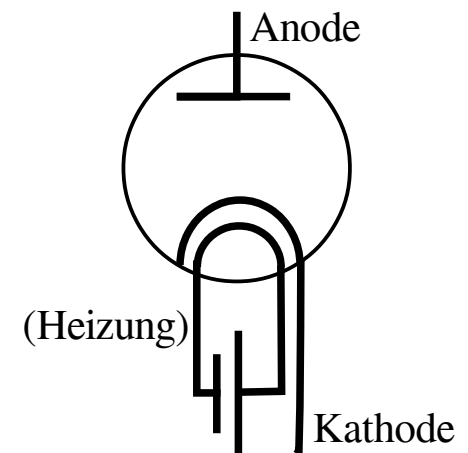
AF - Technik 2015 OE1KIS

- Transistor-Grundsaltungen [1.24]
- **Kollektorschaltung (Emitterfolger)**
- Spannungsverstärkung ≤ 1
- Anwendung:
Impedanzwandlung
Entkopplung



AF - Technik 2015 OE1KIS

- Die Elektronenröhre [1.25]
direkt oder indirekt geheizte Kathode
sendet Elektronen aus
die von der positiven Anode
aufgefangen werden
- Röhren-Diode zur Gleichrichtung
- Röhren-Triode (vgl. Transistor)
zur Signalverstärkung
hat ein Steuergitter
zur Variation des Anodenstroms

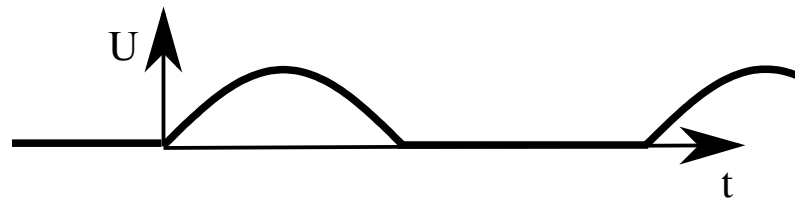
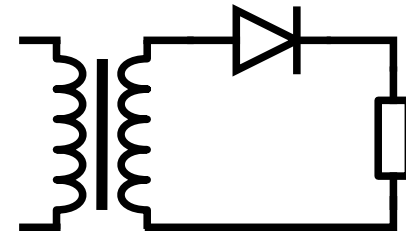


AF - Technik 2015 OE1KIS

Arten von Gleichrichterschaltungen [1.26]

- **Einweggleichrichter**

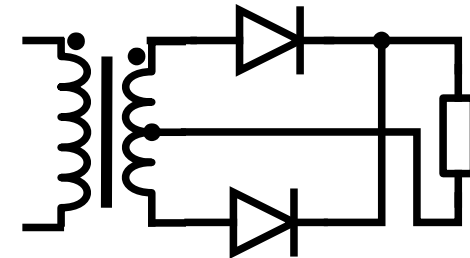
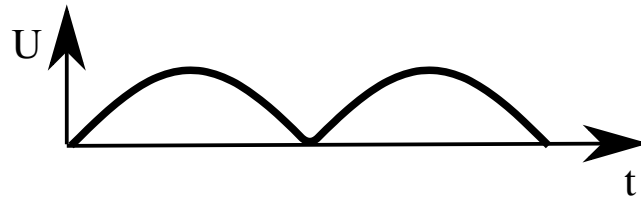
nur eine Halbwelle verwendet



AF - Technik 2015 OE1KIS

Arten von Gleichrichterschaltungen [1.26]

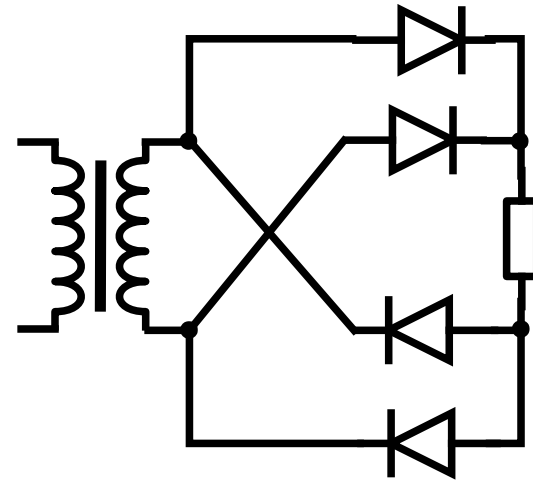
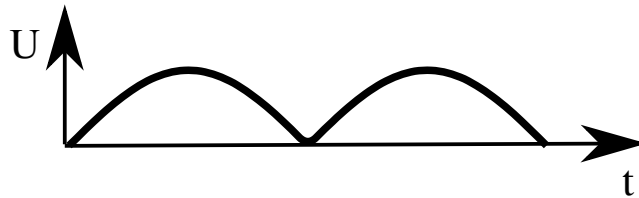
- Zweiweggleichrichter benötigt Trafo mit Mittelanzapfung



AF - Technik 2015 OE1KIS

Arten von Gleichrichterschaltungen [1.26]

- Grätz-Schaltung



AF - Technik 2015 OE1KIS

Stabilisatorschaltungen [1.27]

für Gleichspannungsversorgung

sie glätten die gleichgerichtete Spannung

- einfach mit Zenerdiode und Transistor
- mit integriertem Spannungsregler

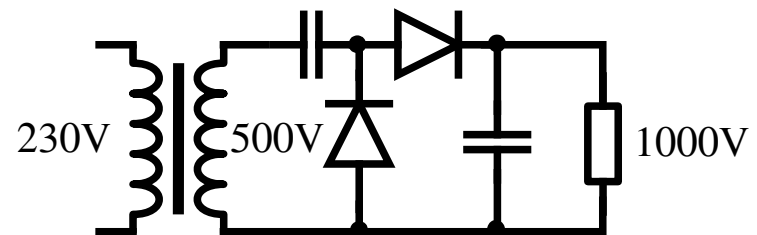
AF - Technik 2015 OE1KIS

Hochspannungsspannungsnetzteil

[1.28]

- meist mit Spannungsverdopplerschaltung
- Achtung: lebensgefährliche Spannungen
- Schutzmaßnahmen ab 42V notwendig
Berührschutz durch Deckelschalter
Entladewiderstände für Kondensatoren
- vor jedem Eingriff:

Netzstecker ziehen
und einige Minuten für Entladung
der Kondensatoren abwarten



AF - Technik 2015 OE1KIS

Arten digitaler Bauteile [1.29]

- Digitale Signale haben zwei Zustände üblicherweise 1=true 0=false genannt
- Digitale Bauelemente (Gatter) verknüpfen im einfachsten Fall je zwei solcher Eingangssignale zu einem Ausgangssignal
- Mit Hilfe von Rückkopplungs-Leitungen können Signalzustände gespeichert werden

AF - Technik 2015 OE1KIS

Arten digitaler Bauteile [1.29]

- ursprünglich aus diskreten (analogen) Bauteilen zusammengesetzt
- heute als integrierte Schaltkreise realisiert

AF - Technik 2015 OE1KIS

Elektronische Gatter

[1.30]

ermöglichen die logische Verknüpfung von digitalen Signalen

a	b	a and b	a or b	not a	a xor b	a nand b	a nor b
0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	1	0	1	0
1	1	1	1	0	1	0	0

AF - Technik 2015 OE1KIS

Skineffekt

[1.8]

- Bei Wechselstrom ist die Stromdichte im Leiterinneren niedriger als in der Nähe der Oberfläche (=skin)

Der Skineffekt verstärkt sich mit höher werdender Frequenz des durchfließenden Stromes

Abhilfe durch mehrere Litzen statt Massivleitung
Hohlleiter sparen den nicht verwendeten Leiterquerschnitt ein

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Der **Effektivwert** (RMS root mean square) ist der quadratische Mittelwert eines zeitlich veränderlichen Signales und gibt den Wert der entsprechenden Gleichgröße an, die dieselbe Leistung an einen ohmschen Verbraucher abgibt

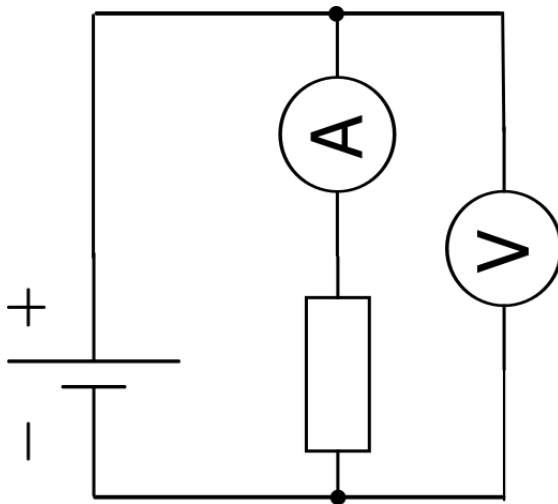
AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Messung von Spannung und Strom eines Stromkreises** [1.31]

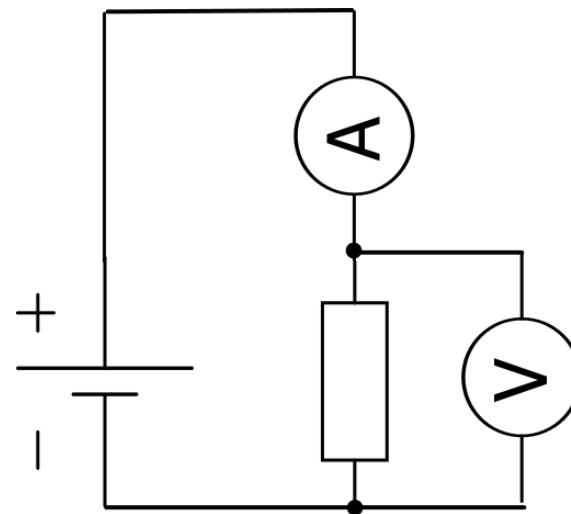
Spannung am Verbraucher

Strommessung erfordert Auftrennung des Stromkreises

- stromrichtig:



- spannungsrichtig:



AF - Technik 2015 OE1KIS

Steh- und Wanderwellen

[1.72]

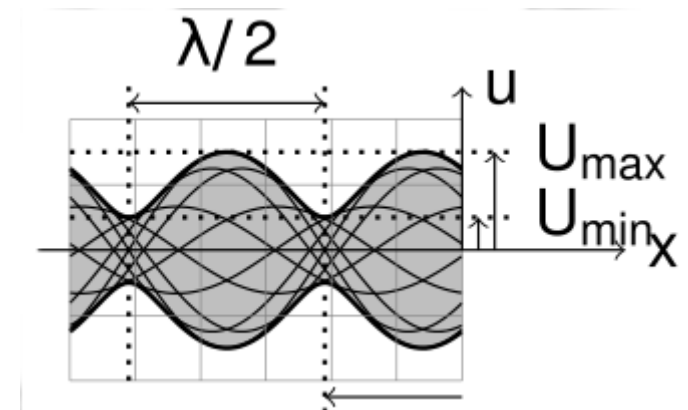
- Wanderwelle Energie vom Transceiver zur Antenne (ohne Reflexion - *Idealfall*)

AF - Technik 2015 OE1KIS

Steh- und Wanderwellen

[1.72]

- Wanderwelle Energie vom Transceiver zur Antenne (ohne Reflexion - *Idealfall*)
- Stehwelle - Überlagerung von vorlaufender und reflektierter Welle - bewirkt Be-/Über-Lastung von Kabel und/oder Transceiver - *ist zu vermeiden!*



AF - Technik 2015 OE1KIS

Frequenz und Wellenlänge [zu 1.77,3-4.32]

- Ausbreitungsgeschwindigkeit =
Frequenz mal Wellenlänge

$$c = f * \lambda$$

- Für Antennen und Wellenausbreitung im Raum:

$$f_{\text{MHz}} \approx \frac{300}{\lambda_m}$$

AF - Technik 2015 OE1KIS

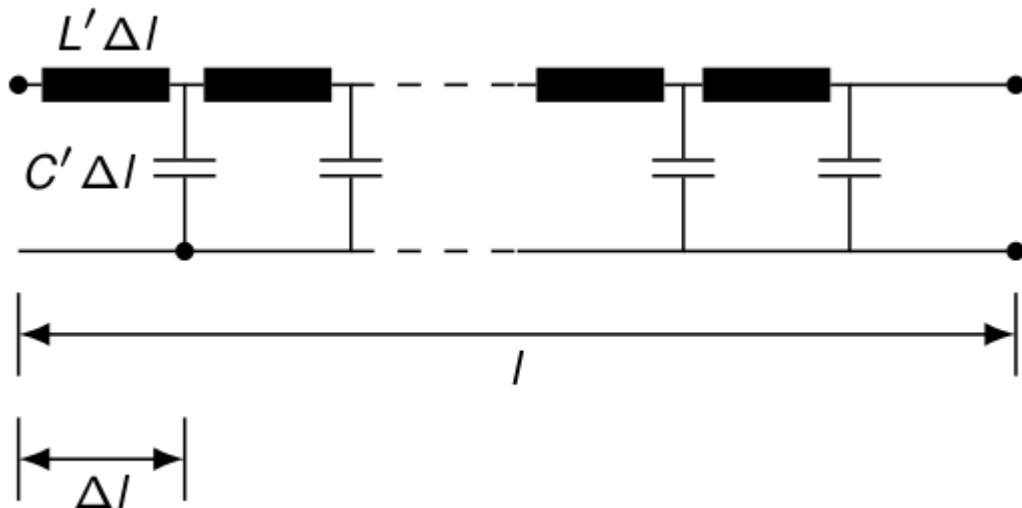
- Ein **Mantelwelle**

entsteht bei Verwendung des Koaxkabels zur Anspeisung einer symmetrischen Antenne (richtig: mit Balun)

Die Leitung wirkt hier selbst bereits Antenne

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Wellenwiderstand** einer Leitung (Impedanz) ^[1.71] ist abhängig von ihrer Geometrie und ihrem Material
- Wellenwiderstand (Einheit Ohm)



AF - Technik 2015 OE1KIS

- Der Wellenwiderstand [1.71]
ist die Wurzel aus
Induktivitätsbelag (Induktivität pro Länge)
durch
Kapazitätsbelag (Kapazität pro Länge)

$$Z = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$

AF - Technik 2015 OE1KIS

Stehwellenverhältnis [zu 1.61..62, zu 3-4.46]

$$SWR = \frac{U_{max}}{U_{min}} = \frac{U_V + U_R}{U_V - U_R} = \frac{\sqrt{P_V} + \sqrt{P_R}}{\sqrt{P_V} - \sqrt{P_R}}$$

SWR (standing wave ratio)

Ist ein Maß für das Verhältnis

von vorlaufender und reflektierter Welle

ideal: 1

im schlechtesten Fall: ∞

Die SWR sollte zur Schonung von Kabel und Transceiver klein bleiben

AF - Technik 2015 OE1KIS

Skineffekt

[1.8]

- Bei Wechselstrom ist die Stromdichte im Leiterinneren niedriger als in der Nähe der Oberfläche (=skin)

Der Skineffekt verstärkt sich mit höher werdender Frequenz des durchfließenden Stromes

Abhilfe durch mehrere Litzen statt Massivleitung
Hohlleiter sparen den nicht verwendeten Leiterquerschnitt ein

AF - Technik 2015 OE1KIS

Antennenzuleitungen [1.62, 3-4.30]

symmetrisch 2 parallel geführte gleichartige Leiter

Hühnerleiter, Bandkabel

asymmetrisch

Koaxialkabel

- **Kenngößen:**

elektrisch: **Wellenwiderstand, Dämpfung**

mechanisch: Biegeradius, mechan. Belastbarkeit

AF - Technik 2015 OE1KIS

Koaxialkabel [1.74]

ist eine breitbandige unsymmetrische Speiseleitung
der Außenleiter (meist auf Massepotential)
schirmt den Innenleiter

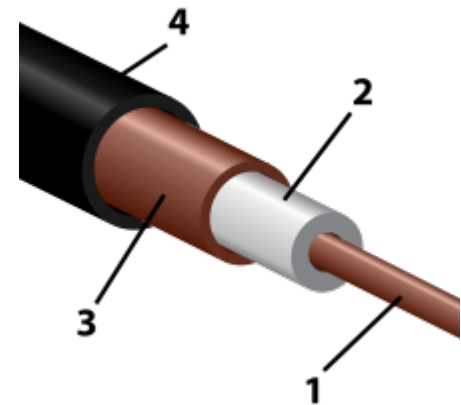
- 1 Innenleiter
- 2 Dielektrikum
- 3 Außenleiter / Schirm
- 4 Isolation

Kenngößen: Wellenwiderstand f.AF typisch 50Ω ,

Radio,TV typisch 75Ω

(Leistungs-) Dämpfung je m in dB

mechan.: min.Biegeradius, Zugfestigkeit



AF - Technik 2015 OE1KIS

Antennenzuleitungen [1.62]

Symmetrische Speiseleitungen

Bandkabel, Paralleldrahtleitung - „Hühnerleiter“

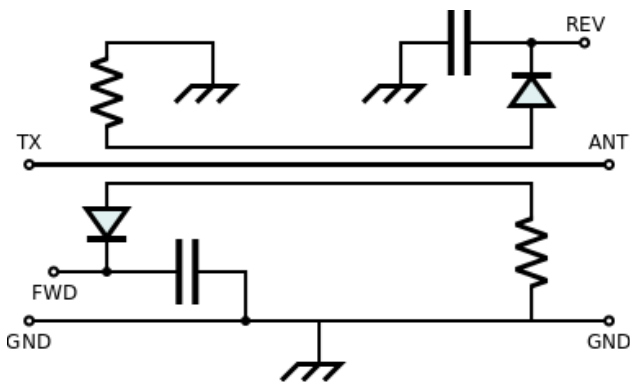
Hohlleiter

im GHz Bereich

Rohre (rund oder eckig) aus Cu, Al, versilbert

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **HF Wattmeter** [1.33]
Prinzip: Die HF wird einem Diodengleichrichter zugeführt und eine Spannungsmessung vorgenommen. Durch den konstanten Widerstand kann aber auf die gemessene Leistung rückgerechnet werden.
- Beim **SWR Meter (Stehwellenmessung)** werden (meist) mittels Richtkoppler zwei solcher (Zeiger-)Messungen optisch verknüpft



AF - Technik 2015 OE1KIS

- Das **Oszilloskop** (alt: der Oszillograph) [1.34] zeigt den Signalverlauf über der Zeit

früher

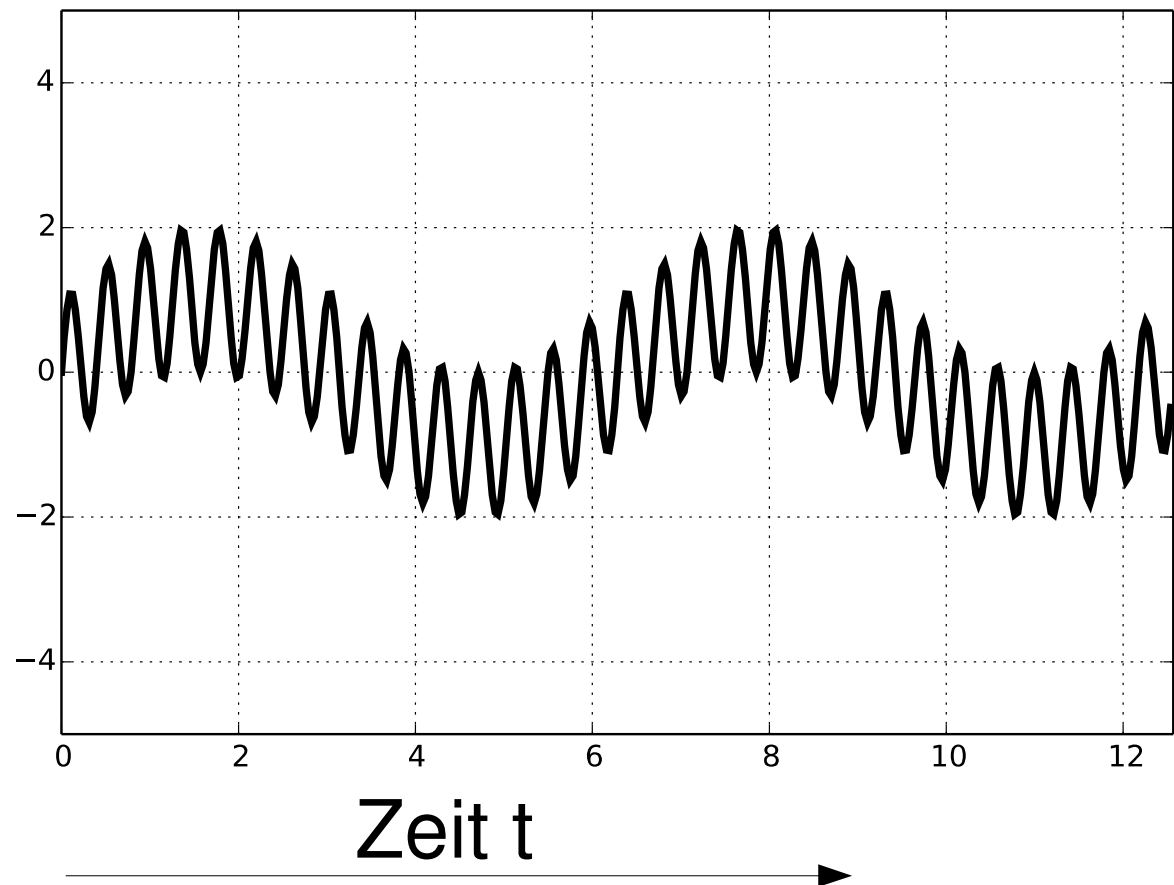
mit

Braun'scher

Röhre

heute

Digital-Anzeige

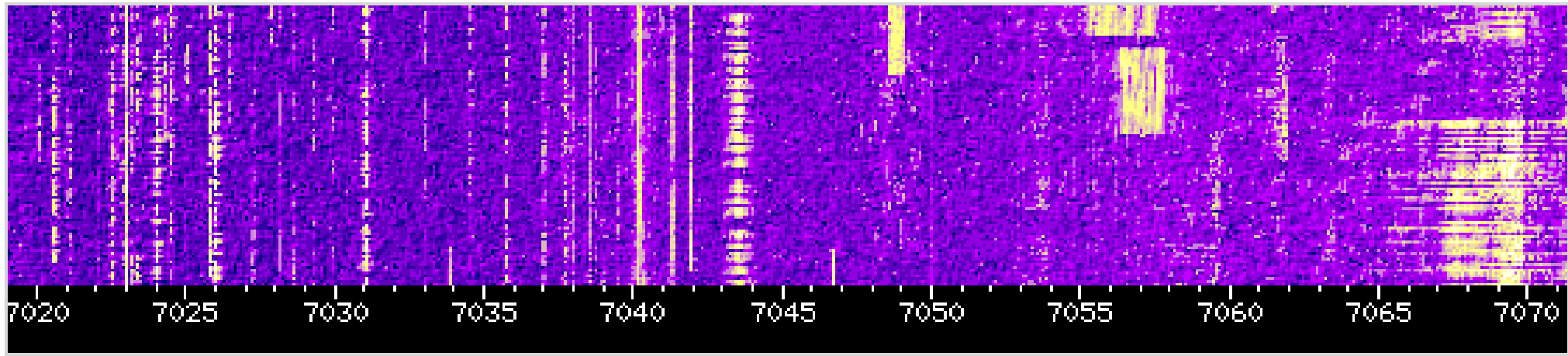


AF - Technik 2015 OE1KIS

- Der **Spektrumanalysator** [1.35]
ist ein Messgerät zur Erfassung und Darstellung eines Signals im Frequenzbereich.
- Die Darstellung erfolgt üblicherweise auf einem in das Messgerät eingebauten Bildschirm, wobei die horizontale Achse die Frequenzachse ist und die Amplitude auf der vertikalen Achse abgebildet wird. Das entstehende Bild wird als Frequenzspektrum, oder kurz Spektrum, bezeichnet.

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Die **Wasserfalldarstellung** [zu 1.35]
verknüpft Fourieranalyse
(=Zerlegung in die Frequenzen)
mit der Darstellung über ein kurzes Zeitfenster



AF - Technik 2015 OE1KIS

- Das (**Grid-)**Dipmeter [1.32] dient zur Messung der Resonanzfrequenz eines Schwingkreises

Hauptbestandteile: durchstimmbarer Oszillator mit einer außen zugänglichen Spule

Der Geräteschwingkreis wird mit dem zu messenden lose gekoppelt
Messung kann passiv oder aktiv erfolgen.

Die Vorsilbe Grid- (=Gitter) meint das Gitter der ursprünglich eingebauten Elektronenröhre.



AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Modulation** [1.51, 3-4.16]
ist das Aufprägen der (vom Mikrofon
gelieferten) NF (=Niederfrequenz)
auf die HF(=Hochfrequenz)

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Modulation**

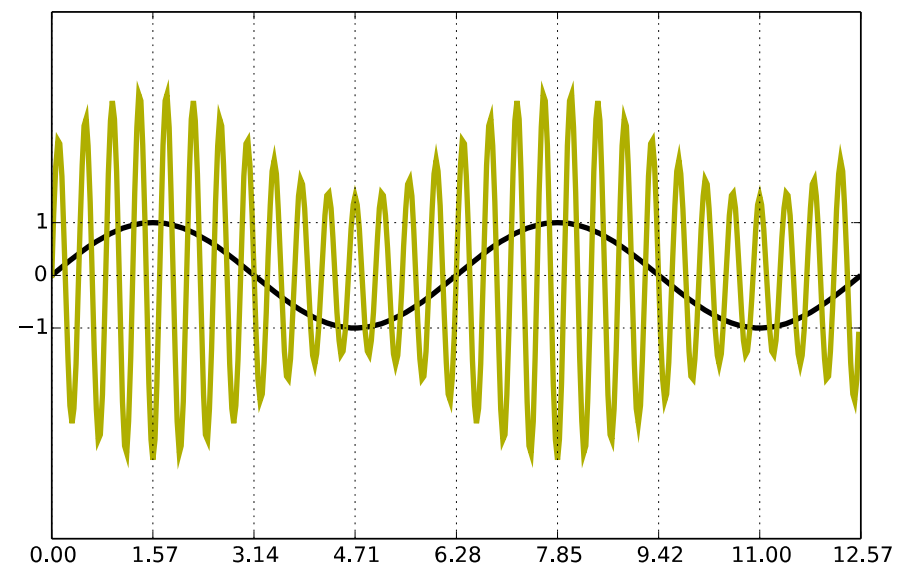
ist das Aufprägen der (vom Mikrofon gelieferten) NF (=Niederfrequenz) auf die HF(=Hochfrequenz)

- z.B. bei AM = **Amplitudenmodulation [1.50]**

Kenngröße:

Modulationsgrad

$$m = \frac{\hat{U}_{NF}}{\hat{U}_{HF}} \quad m = 0 \dots 1$$



AF - Technik 2015 OE1KIS

Analoge und digitale Verfahren der

Modulation

[1.51]

- **analog**: Tonfrequenz wird direkt übertragen
z.B. bei AM, SSB, FM

AF - Technik 2015 OE1KIS

Analoge und digitale Verfahren der

Modulation

[1.51]

- **analog**: Tonfrequenz wird direkt übertragen
z.B. bei AM, SSB, FM
- **digital**: Übertragung von (binär codierten)
Zeichen (Morsezeichen, Fernschreiber)
oder von digitalisierter Tonfrequenz

AF - Technik 2015 OE1KIS

Digitale Modulation

[1.51]

- **digital:** Übertragung von binär codierter Information
- PAM Puls-Amplituden-Modulation
- PDM Puls-Dauer-Modulation
- PFM Puls-Frequenz-Modulation

AF - Technik 2015 OE1KIS

Digitale Modulation [1.51]

- **digital:** Übertragung von binär codierter Information
- PAM Puls-Amplituden-Modulation
PDM Puls-Dauer-Modulation
PFM Puls-Frequenz-Modulation
- FSK frequency shift keying - Frequenzumtastung
PSK phase shift keying
QAM - Kombination aus FSK und PSK

AF - Technik 2015 OE1KIS

Demodulation [1.36]

ist die Rückgewinnung des NF-Signales bzw. der digitalen Information

Die technische Realisierung ist von der Modulationsart abhängig.

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **belegte Bandbreite** [1.100, 3-4.19]
bezeichnet den Frequenzbereich, der durch die Funkaussendung benutzt wird.
Bei AM doppelt so groß wie die NF Bandbreite
- unnötige Vergrößerung durch
Splatter (durch Übermodulation)
Intermodulation durch nichtlineare
und Misch-Effekte
Tastclicks zu harte Tasting bei Morsesendungen

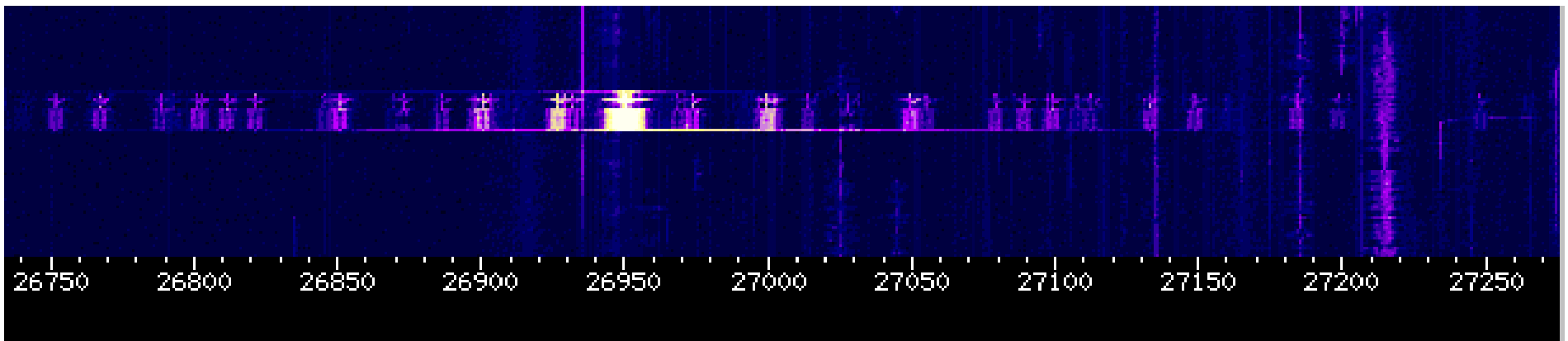
AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Splatter** [1.95]

Störungen auf Nachbarfrequenzen durch
Übermodulation

AF - Technik 2015 OE1KIS

- unerwünschte und Neben-Aussendungen [1.94]



können z.B. entstehen, wenn bei der Mischung im Sender unerwünschte Mischprodukte nicht ausgefiltert werden

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Einseitenbandmodulation [1.45, 3-4.20]
Ausgehend von der AM werden der Träger und ein Seitenband unterdrückt

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Einseitenbandmodulation [1.45, 3-4.20]
Ausgehend von der AM werden der Träger und ein Seitenband unterdrückt
- 2 Verfahren:
Filtermethode nur ein Seitenband mit Quarzfilter wird durchgelassen
Phasenmethode Erzeugung des SSB-Signales über Phasenschieber Netzwerke

AF - Technik 2015 OE1KIS

Mikrofonarten mit externer Stromversorgung

[1.44 1 von 2]

- **Kohlemikrofon:** Kapsel mit Kohlekörnern und schwingfähiger Membran als Elektrode - der elektrische Widerstand ändert sich mit dem Schalldruck - Betrieb mit Gleichspannung - ursprüngliche Technologie beim Telefon
- **Kondensatormikrofon**
elektrisch leitfähige Membran vor Metallplatte
beiden bilden einen Kondensator der durch
den Schalldruck seine Kapazität verändert
benötigt ebenfalls eine Spannungsquelle zum Betrieb
- **Elektret Mikrofon**
ähnlich dem Kondensator-Mikrofon
mit dauerhaft polarisierter Kunststofffolie
erlaubt sehr kompakte Bauweise

AF - Technik 2015 OE1KIS

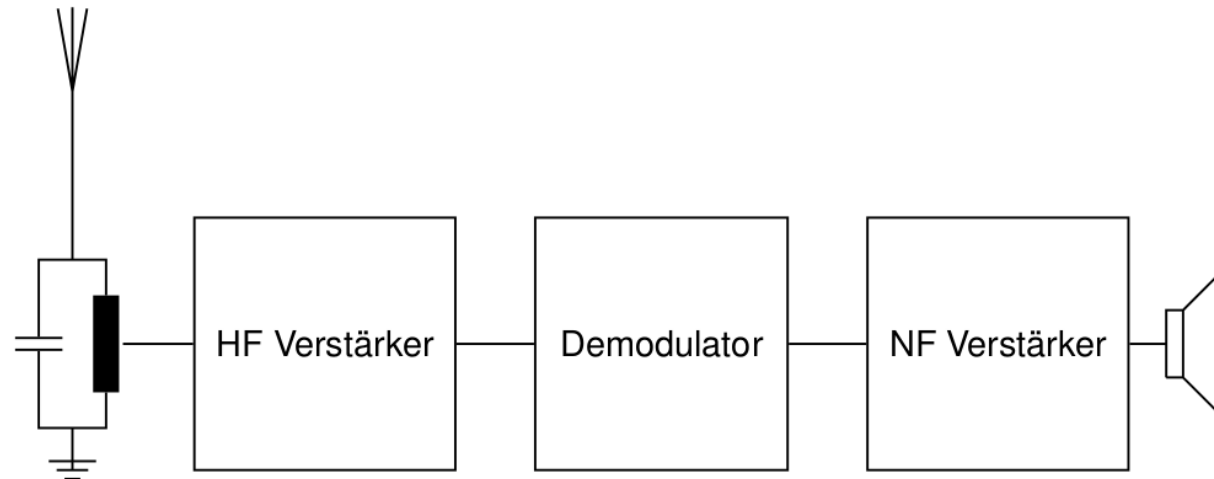
Mikrofonarten [1.44 2 von 2]

ohne externe Stromversorgung:

- **dynamisches Mikrofon** Tauchspulenmikrofon
Membran ist fest mit Magnetspule verbunden
sehr robust aber auch unempfindlich
- **Kristallmikrofon** Membran
gibt Druck an Piezo-Kristall weiter der
eine vom Druck abhängige Spannung abgibt

AF - Technik 2015 OE1KIS

- AM Empfänger (Geradeaus Empf.)
einfach im Aufbau
schlechte Trennschärfe
Gefahr der Rückkopplung



AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Oszillator** [1.52, 3-4.12]

ist eine Baugruppe zur Erzeugung ungedämpfter elektrischer Schwingungen z.B. durch rückgekoppelte Verstärkung des Signales eines LC-Schwingkreises gefordert werden Konstanz der Frequenz und Amplitude des Ausgangssignales
VFO variable frequency oscillator

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Rauschen**

[1.40]

entsteht durch unregelmäßige
Elektronenbewegung

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Rauschen**

[1.40]

entsteht durch unregelmäßige
Elektronenbewegung

inneres Rauschen - entsteht in den Bauteilen
des Gerätes - Verringerung durch Kühlung
äußeres oder atmosphärisches Rauschen
ist frequenz und standortabhängig

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Rauschen** [1.40]
entsteht durch unregelmäßige Elektronenbewegung
inneres Rauschen - entsteht in den Bauteilen des
Gerätes - Verringerung durch Kühlung
äußeres oder atmosphärisches Rauschen
ist frequenz und standortabhängig
- das Eingangssignal muss um ein best.Verhältnis (in
dB gemessen) stärker sein
als das Rauschsignal

AF - Technik 2015 OE1KIS

- [Math. Hintergrund zur **AM** - Amplitudenmodulation]

$$\cos(a) * \cos(b) = \frac{1}{2} \cos(a+b) + \frac{1}{2} \cos(a-b)$$

Mathematisch ist AM Multiplikation.

Damit kommen zwei Ergebnis-Frequenzen zustande -
die **Summen** und **Differenz**-Frequenz.

- nur eine der beiden Kombinations-Frequenzen wird normalerweise weiterverarbeitet

Spiegelfrequenz wird die zweite Frequenz genannt

AF - Technik 2015 OE1KIS

Mischer in Empfängern [1.41]

- **ideal** - Multiplikator
erzeugt Summen und Differenz-Frequenz

AF - Technik 2015 OE1KIS

Mischer in Empfängern [1.41]

- **ideal** - Multiplikator
erzeugt Summen und Differenz-Frequenz
- **real** nichtlineares Verhalten
weitere unerwünschte Nebenprodukte werden erzeugt, Oszillator von Eingangsfrequenz kaum entkoppelt

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Nichtlineare Verzerrungen** [1.42]

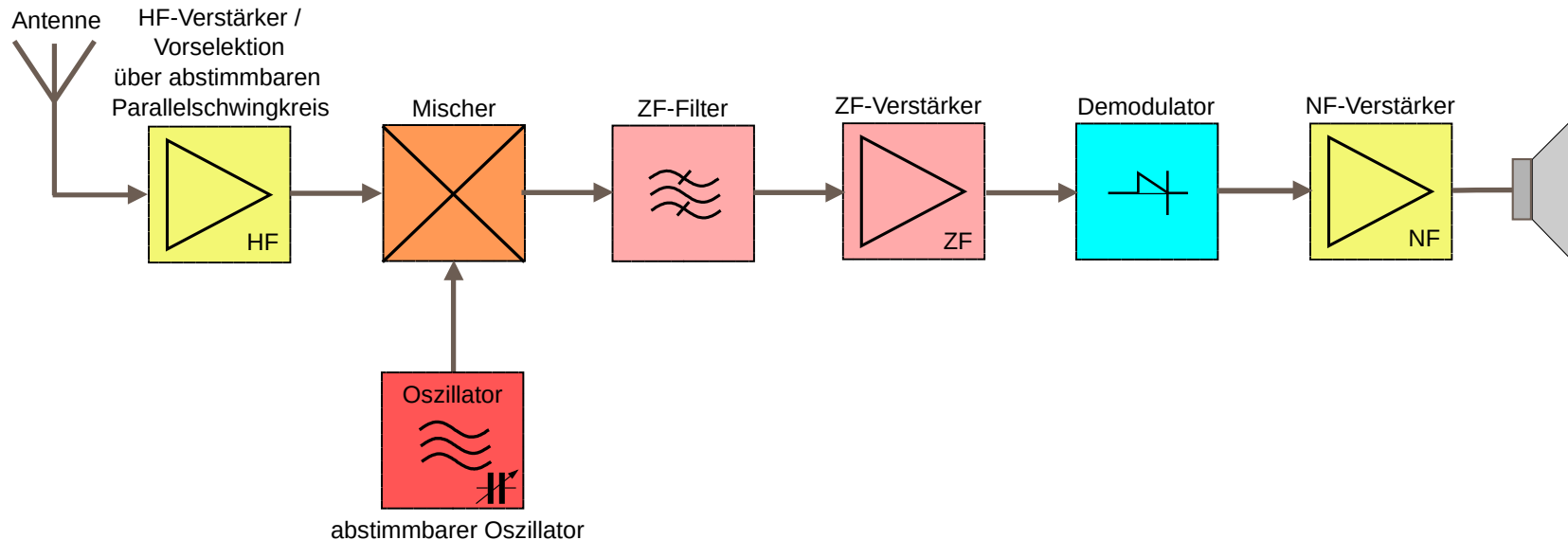
Durch starke Signale am Empfangszweig kann eine Verstärker-Stufe in ihren nichtlinearen Bereich geraten wodurch zusätzliche Mischsignale entstehen - sie täuschen nicht vorhandene Signale am Eingang vor - s.g. Geistersignale

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Nichtlineare Verzerrungen** [1.42]
Durch starke Signale am Empfangszweig kann eine Verstärker-Stufe in ihren nichtlinearen Bereich geraten wodurch zusätzliche Mischsignale entstehen - sie täuschen nicht vorhandene Signale am Eingang vor - s.g. Geistersignale
- Eine Verbesserung kann durch einen Abschwächer vor dem Empfänger erzielt werden

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Überlagerungsempfänger** [1.37, 3-4.14]
Blockschaltbild



AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Überlagerungsempfänger** [1.37, 3-4.14]
ZF (=Zwischenfrequenz) [1.38, 3-4.15]
ist feste Frequenz zur Ermöglichung möglichst
exakter (ZF-)Filter

Verschiedene HF Signale werden mit
entsprechendem Signal aus VFO gemischt so
dass ZF Frequenz als Produkt entsteht

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Überlagerungsempfänger** [1.37, 3-4.14]
ermöglicht
AGC - automatic gain control [3-4.24]
= automatische Verstärkungsregelung
(von HF und ZW geregelt durch NF)
zum Ausgleich von Fading bzw.
Signalpegelschwankungen

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Spiegelfrequenz** [1.38]
ist die zweite bei einer Mischung entstehende
Frequenz (Summe oder Differenz)
Sie wird vor der Weiterverarbeitung durch ein Filter
unterdrückt

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Spiegelfrequenz** [1.38]
ist die zweite bei einer Mischung entstehende Frequenz (Summe oder Differenz)
Sie wird vor der Weiterverarbeitung durch ein Filter unterdrückt
- Die **Zwischenfrequenz** ist ein feste Frequenz damit die zugehörigen Filter exakt eingestellt werden können und sehr selektiv ausgeführt werden können

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Spiegelfrequenz** [1.38]
ist die zweite bei einer Mischung entstehende Frequenz (Summe oder Differenz)
Sie wird vor der Weiterverarbeitung durch ein Filter unterdrückt
- Die **Zwischenfrequenz** ist ein feste Frequenz damit die zugehörigen Filter exakt eingestellt werden können und sehr selektiv ausgeführt werden können
- Das Empfangssignal wird durch Mischung zur ZF verschoben

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Intermodulation** [1.39]
bezeichnet die Erzeugung von zwei oder mehr Frequenzen durch nichtlineare Eigenschaften von Dioden, Transistoren oder spannungsabhängigen Widerständen

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Intermodulation** [1.39]
bezeichnet die Erzeugung von zwei oder mehr Frequenzen durch nichtlineare Eigenschaften von Dioden, Transistoren oder spannungsabhängigen Widerständen
- der **intermodulationsfreie Bereich** (in dB) gibt an welche Signale maximal übersteuerungsfrei übertragen werden können

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Empfängerstörstrahlung** [1.43]
jeder Oszillator ist ein Sender kleiner Leistung der vom Antenneneingang abgeschirmt werden muss, damit er nicht über die Antenne sein Oszillatorsignal abstrahlt

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Empfängerstörstrahlung** [1.43]
jeder Oszillator ist ein Sender kleiner Leistung der vom Antenneneingang abgeschirmt werden muss, damit er nicht über die Antenne sein Oszillatorsignal abstrahlt
- Die Entkopplung erfolgt durch HF-Vorverstärker, aktive Mischer und Filter

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **VCO** - voltage controlled oscillator [1.53]
spannungsgesteuerter Oszillator
seine Frequenz kann durch eine anliegende
Steuerspannung verändert werden

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **VCO** - voltage controlled oscillator [1.53]
spannungsgesteuerter Oszillator
seine Frequenz kann durch eine anliegende
Steuerspannung verändert werden
- ein spannungsabhängiger Schwingkreis wird
typischerweise mit Kapazitäts-Dioden realisiert

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **VCO** - voltage controlled oscillator [1.53]
spannungsgesteuerter Oszillator
seine Frequenz kann durch eine anliegende Steuerspannung verändert werden
- ein spannungsabhängiger Schwingkreis wird typischerweise mit Kapazitäts-Dioden realisiert
- je höher die anliegende Spannung an der Sperrschicht, desto geringer die Kapazität

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **PLL - phase locked loop** [1.54]
= Phasenverriegelte Schleife
wird einem VCO nachgeschaltet
das Signal wird über einen Frequenzteiler zu einem
Phasenvergleichler geführt

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **PLL - phase locked loop** [1.54]
= Phasenverriegelte Schleife
wird einem VCO nachgeschaltet
das Signal wird über einen Frequenzteiler zu einem
Phasenvergleichler geführt
- Es wird ein geschlossener Regelkreis gebildet,
bei dem die Oszillatorfrequenz stets konstant gehalten wird.
Das Referenzsignal erzeugt ein Quarzoszillator

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **PLL - phase locked loop** [1.54]
= Phasenverriegelte Schleife
wird einem VCO nachgeschaltet
das Signal wird über einen Frequenzteiler zu einem
Phasenvergleichler geführt
- Es wird ein geschlossener Regelkreis gebildet,
bei dem die Oszillatorfrequenz stets konstant gehalten wird.
Das Referenzsignal erzeugt ein Quarzoszillator
- man erzielt ein quarzstabiles Signal mit höheren Frequenzen
als von einem einfachen Quarzoszillator

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **DSP - digital signal processor**

[1.55]

verarbeitet Signale digital
benötigt daher

- **ADC** analog to digital converter
- **DAC** digital to analog converter
(mit nachgeschaltetem Tiefpassfilter)

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **DSP - digital signal processor**

[1.55]

verarbeitet Signale digital
benötigt daher

- **ADC** analog to digital converter

- **DAC** digital to analog converter
(mit nachgeschaltetem Tiefpassfilter)

- Die Abtastung hat nach dem Abtasttheorem von Shannon/Nyquist mit mindestens der doppelten Frequenz (als der Signalfrequenz) zu erfolgen

- Anwendung der DSP im Amateurfunk zur De-/Modulation

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Sampling** [1.56]
(wörtl. Vergleich) Abtastung des analogen Signales mit einer bestimmten (Sampling-)Frequenz und Speicherung zur weiteren Verarbeitung

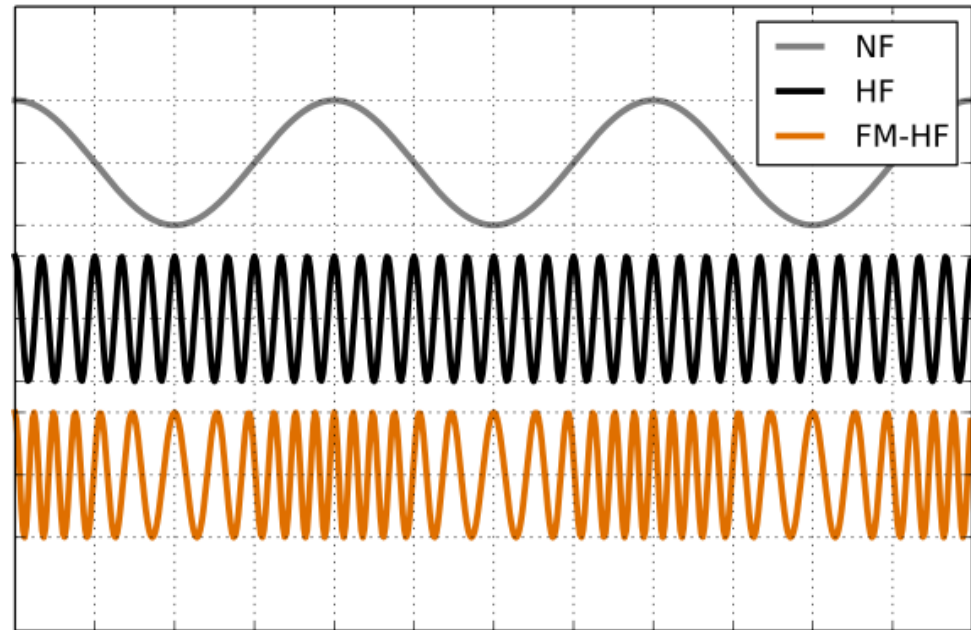
AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Sampling** [1.56]
(wörtl. Vergleich) Abtastung des analogen Signales mit einer bestimmten (Sampling-)Frequenz und Speicherung zur weiteren Verarbeitung
- **Anti aliasing Filter** TP-Tiefpassfilter zur Unterdrückung hoher Frequenzen (die nicht mehr korrekt umgewandelt werden können)

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **FM-Frequenzmodulation** [1.49]

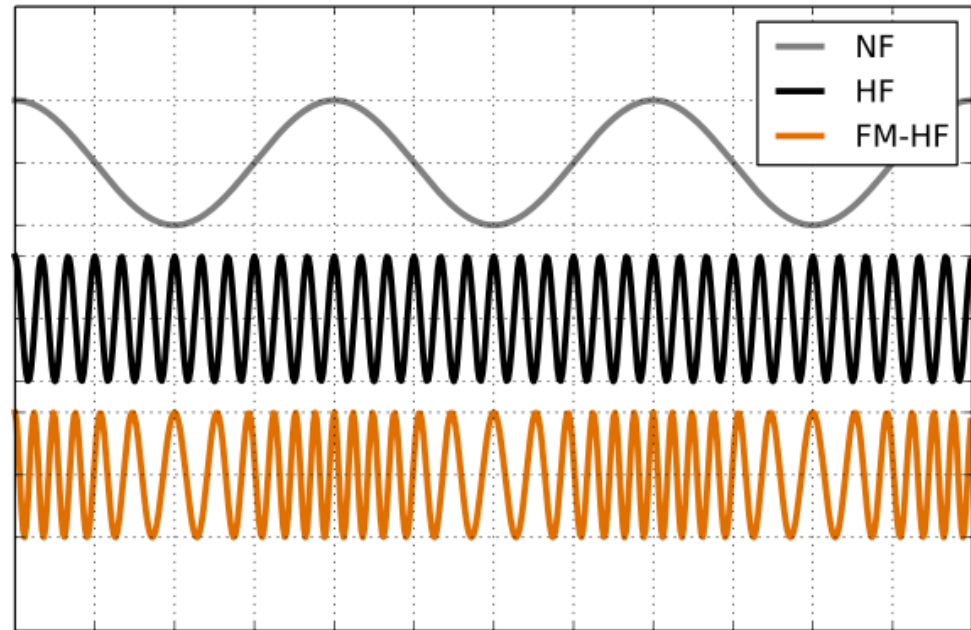
Die Grundfrequenz
des Sende-Oszillators
wird durch
Modulations-Signal
verändert



AF - Technik 2015 OE1KIS

- **FM-Frequenzmodulation** [1.49]

Die Grundfrequenz
des Sende-Oszillators
wird durch
Modulations-Signal
verändert



- Kenngröße:

Frequenzhub in kHz

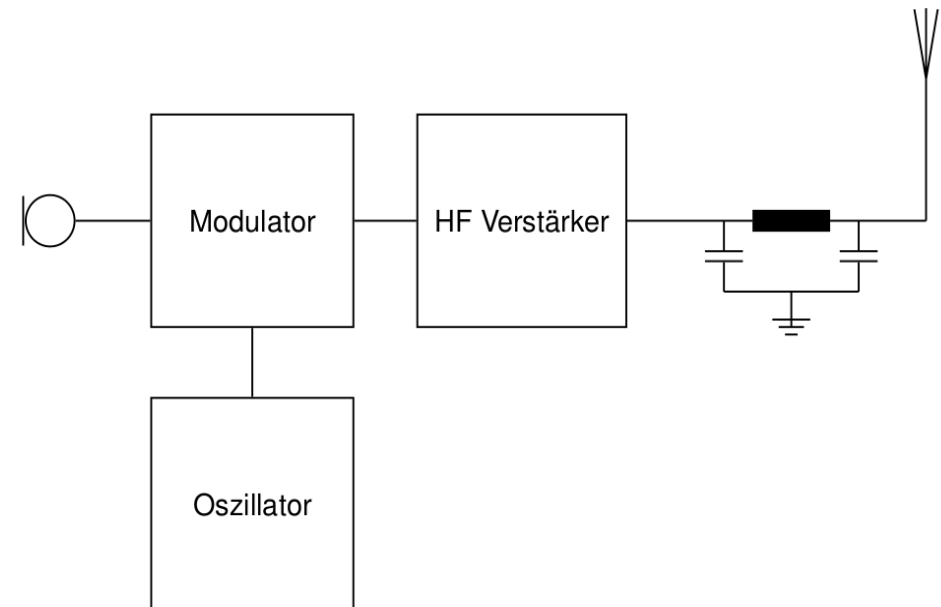
Modulationsindex = Frequenzhub zu Modulationsfrequenz.

Beim Empfang ist das NF Signal ist von der Amplitude des HF-Signales unabhängig

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Sender
prinzipielle Baugruppen

[1.57]



AF - Technik 2015 OE1KIS

Puffer und Vervielfacher-Stufen [1.58]

- **Pufferstufen** sind Verstärkerstufen die vor allem eine Entkopplung von den folgenden Stufen ermöglichen sollen
- **Vervielfacherstufen** erzeugen ein Signal mit vielen Oberwellen aus denen das gewünschte herausgefiltert wird

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Senderendstufe**

[1.59]

verstärkt das Signal auf die Senderausgangsleistung

Die **Leistungsauskopplung** bzw. **Antennenanpassung** transformiert den Hochfrequenzwiderstand der verstärkenden Elemente auf den Normwiderstand der Senderschnittstelle (heute typ. 50Ω)

- Ein TP-Filter dient der Oberwellenunterdrückung

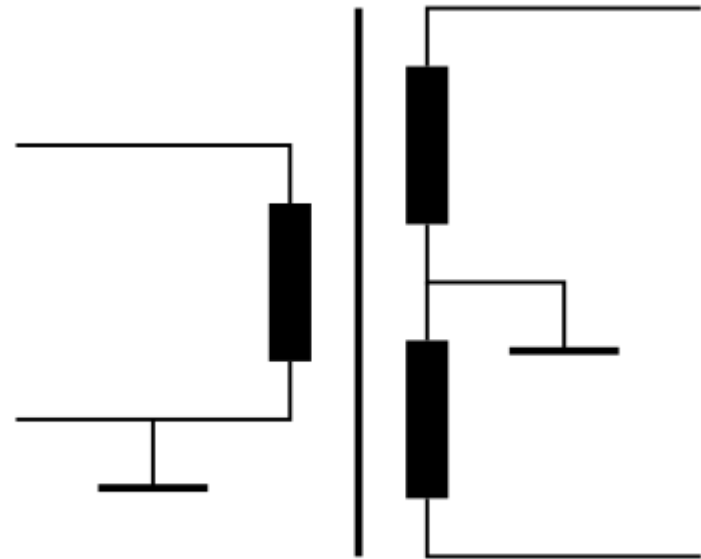
AF - Technik 2015 OE1KIS

- BALUN

[1.60]

balanced - unbalanced - Anpassung

per Transformator



AF - Technik 2015 OE1KIS

- „echter“ **Antennentuner** [1.61]
ist an der Schnittstelle zur Antenne positioniert
und dient zur
Resonanzabstimmung der Antenne
- **Anpassgeräte** sind meist am Senderausgang
positioniert

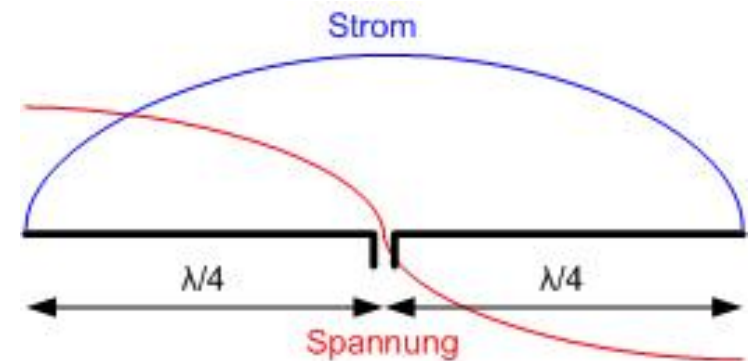
AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Dipol** / die Dipol-Antenne
symmetrische Antenne
Länge jeder Dipolhälfte

$$l_{\text{halb}} = \frac{\lambda}{4}$$

[1.64]

- Wellenwiderstand
(etwas höher als) 50Ω
- Das Strahlungsdiagramm dieses
Halbwellendipols hat die Form einer Acht.



AF - Technik 2015 OE1KIS

- Frequenz und Wellenlänge (ohne Verkürzung)

Frequenz	$\lambda/2$	[1.78 a]
1,9 MHz	79m	
3,5 MHz	43m	
7 MHz	21m	
14 MHz	11m	
21 MHz	7 m	
28 MHz	5 m	$f_{\text{MHz}} \approx \frac{300}{\lambda_m}$

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Halbwellendipol Dimensionierung [1.78 b]
- der Verkürzungsfaktor v
hängt von der Drahtstärke
(je dicker desto kürzer die Antenne)
und vom Isoliermantel ab

$$\lambda_m = \frac{v * 300}{2 * f_{MHz}}$$

$$f_{MHz} \approx \frac{300}{\lambda_m}$$

AF - Technik 2015 OE1KIS

Antennen - Kenngröße	Messgerät	[1.77]
Resonanzfrequenz	Dipmeter	
Fußpunkt-widerstand	Impedanzmessbrücke	
Gewinn, Abstrahlwinkel Strahlungsdiagramm	Mess-Sender, Pegel-Messgerät Referenzantenne	
Vorwärts-/Rückwärts-verhältnis Nebenkeulen	Strahlungsdiagramm	
Bandbreite (Frequenzbereich innerhalb dessen ein best. SWR hat)	SWR / Stehwellenmessgerät	
Maximal zulässige Leistung	Stärke und Material d. Leiter und Antennenelemente	

AF - Technik 2015 OE1KIS

Antennen - Kenngrößen: [zu 1.64..1.70,1.77]

- Frequenz(bereich)
- (Fußpunkt-) Impedanz
- Gewinn - das Verhältnis der in Hauptrichtung abgegebenen Strahlungsleistungsdichte, verglichen mit einer verlustlosen Bezugsantenne gleicher Speiseleistung
- vertikaler und horizontaler Öffnungswinkel („3 dB-Winkel“)
- Rückwärts- und Seitwärtsdämpfung
- Nebenkeulen.

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Strahlungsdiagramm einer Antenne** [1.67]
zeigt die räumliche Verteilung des abgestrahlten Feldes um die Antenne („Energiedichte-Verteilung“). Beim terrestrischen Funk stellt die Erdoberfläche die Bezugsfläche dar.
Das räumliche Diagramm kann meist ausreichend durch das „Horizontaldiagramm“ (Strahlungsverteilung parallel zur Erdoberfläche) und das „Vertikaldiagramm“ (Strahlungsverteilung senkrecht zur Erdoberfläche) charakterisiert werden.
- siehe auch
<http://www.amateurfunk-wiki.de/index.php/Strahlungsdiagramm>

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Vertikalantenne** [1.65]
- einfachste Form aufgestellte Dipolhälfte
d.h. ein Stab mit $\frac{\lambda}{4}$ bei dem die gut leitende
Erdoberfläche als Spiegel wirkt
- Ground Plane Antennen
haben einen vertikalen Stab von $\frac{\lambda}{4}$
und statt der zweiten Dipolhälfte
mehrere Radials

Horizontal wirkt die Antenne als Rundstrahler

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Vertikalantenne** - Dimensionierung [1.82]
- Eine $\lambda/4$ -Vertikalantenne über einer leitenden Oberfläche (Erde) strahlt ähnlich wie eine lineare Antenne der Länge $\lambda/2$ im freien Raum. Sie hat aber nur den halben Strahlungswiderstand eines $\lambda/2$ -Dipols also etwa 35Ω .
- Lang- und Mittelwellen: 150 ... 300 kHz - Wellenlänge λ Werte
1 ... 2 km. prakt. Antennen $<\lambda/4$ mit Verlängerungsspule

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Gekoppelte Antennen** [1.66]
Mehrere Dipole können über Koppelleitungen so verbunden werden, dass alle Dipole die gleiche Abstrahlphase besitzen. Dadurch entsteht die sehr leistungsfähige Gruppenantenne mit ausgeprägter Richtwirkung.
(d.h. die Antenne hat mehrere aktive Elemente)

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Die **Yagi** (eigentl. Yagi/Uda-Antenne) [1.68] ist eine Richtantenne. Sie hat ein aktives Dipol-Element und ein oder mehrere Direktor-Elemente davor und ein Reflektor-Element dahinter (früher als TV-Antenne häufig eingesetzt)

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Mehrbandantenne** ermöglichen Betrieb auf mehreren Bändern
z.B. durch Aufteilung mit Traps (Sperrkreise)
- **Breitbandantennen** [1.69]
ändern durch konstruktive Eigenschaften über einen weiten Frequenzbereiche ihre Eigenschaft nicht, Bandbreite: 1:2 bis zu 1:10
(z.B. durch Verwendung dicker Antennenstäbe)

AF - Technik 2015 OE1KIS

Trap Aufbau und Wirkung [1.89]

- Durch Einbau von Traps kann eine Antenne (meist Dipol) zur Mehrbandantenne gemacht werden
- Der Trap ist ein Parallelschwingkreis der für höhere Frequenzen sperrend wird und für niedrigere Frequenzen als Verlängerungsspule wirkt
- siehe auch: <http://www.amateur-radio-wiki.net/index.php?title=Dipole>

AF - Technik 2015 OE1KIS

Hohlraumresonator

[1.90]

- erzeugt durch Resonanz eine stehende Welle im GHz Bereich
- wirkt als Schwingkreis oder Filter
- Feinabstimmung durch Leiter und Nichtleiter die in den Hohlraum hineinragen

Ankopplung des Wellenleiters kapazitiv od. induktiv
(HR in Akustik: Holzblasinstrumente)

AF - Technik 2015 OE1KIS

- zu Breitbandantennen [zu 1.69]
Logarithmisch-periodische-Antenne
LDPA oder meist kurz als „LogPer“ bezeichnet
vereinen die Vorteile schmalbandiger Yagi und
breitbandiger Schmetterlingsantennen

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Parabolantenne** [1.69]
Anwendung meist für Mikrowellenstrahlung mit parabolförmiger Reflektorwand hinter dem Strahler zur Erzielung einer ausgeprägten Richtwirkung

AF - Technik 2015 OE1KIS

Funkamateure sind zur Beachtung der einschlägigen Vorschriften der Europäischen Union und der darauf bezugnehmenden nationalen Normen und Rechtsvorschriften welche die **Grenzwerte für die Exposition der Bevölkerung durch elektro-magnetische Felder (EMF)** festlegen. [1.73]

Folgende technische Maßnahmen sind zur Minderung der Gefahren durch Exposition geeignet:

- Vergrößerung des Abstandes zur Antenne (Montagehöhe!)
- Absenkung oder Vermeidung der Emission (z.B. Leistungsreduktion, Abschalten, Anordnung der Antennen)
- Beschränkung der Aufenthalts-/Expositionsdauer

AF - Technik 2015 OE1KIS

Leistungsverhältnis in dB

[1.75]

Leistungsverhältnis	dB
100	20
10	10
~4	6
~2	3
1	0

$$v_{dB} = 10 * \log \frac{P_2}{P_1}$$

$$P_2 = P_1 * 10^{\frac{v_{dB}}{10}}$$

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Bsp. zur effektive Strahlungsleistung [1.79]

gegeben: Sendeleistung 200W

Dämpfung der Antennenleitung

6 dB / 100m

Kabellänge 50m

Antennengewinn 10dB

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Bsp. zur effektive Strahlungsleistung [1.79]

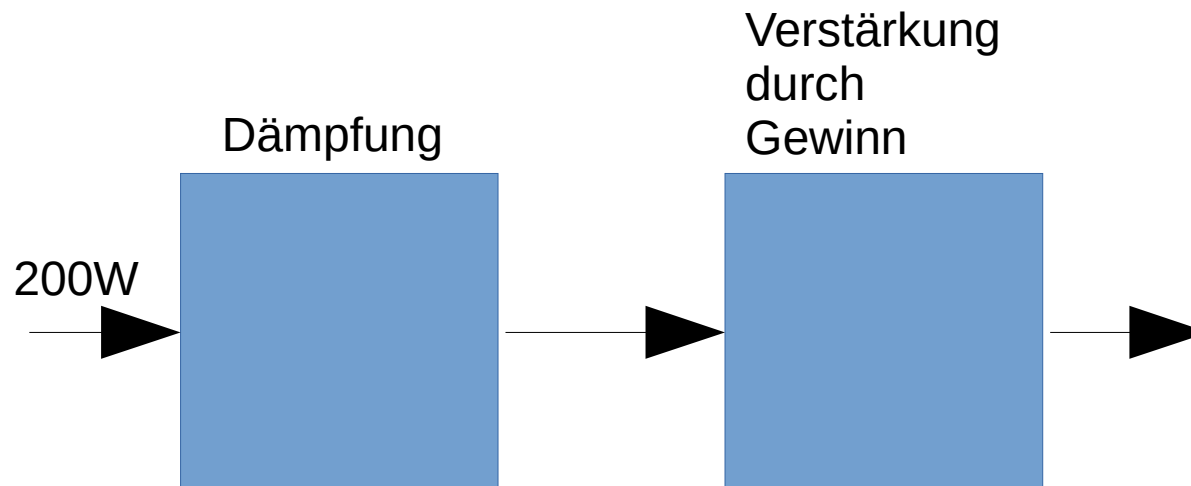
gegeben: Sendeleistung 200W

Dämpfung der Antennenleitung

6 dB / 100m

Kabellänge 50m

Antennengewinn 10dB



AF - Technik 2015 OE1KIS

- Bsp. zur effektive Strahlungsleistung [1.79]

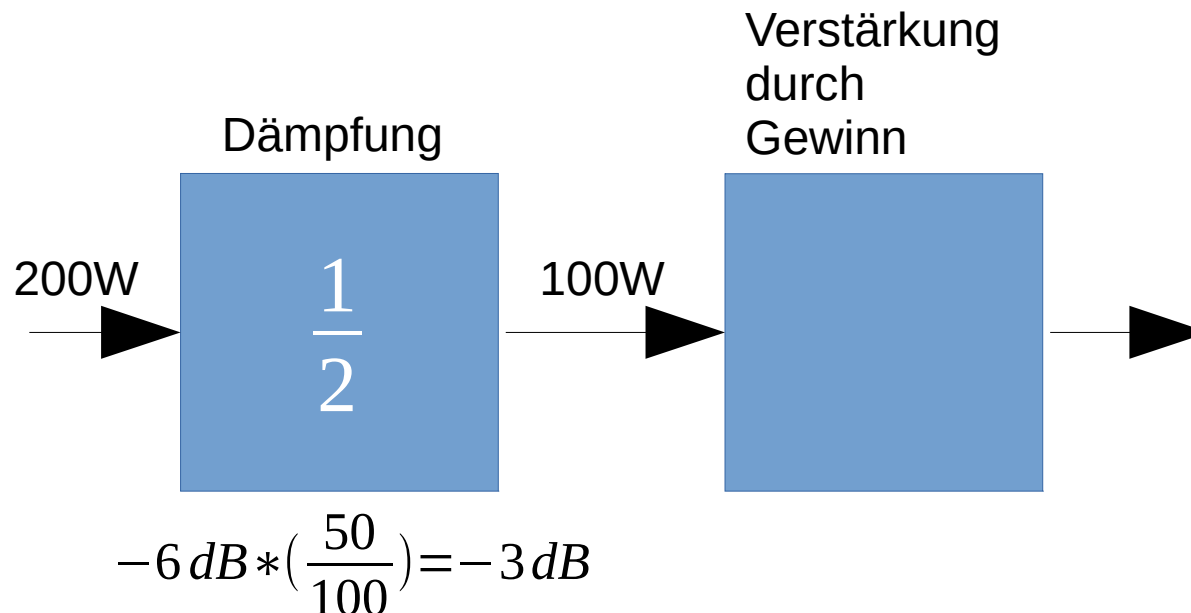
gegeben: Sendeleistung 200W

Dämpfung der Antennenleitung

6 dB / 100m

Kabellänge 50m

Antennengewinn 10dB



AF - Technik 2015 OE1KIS

- Bsp. zur effektive Strahlungsleistung [1.79 a]

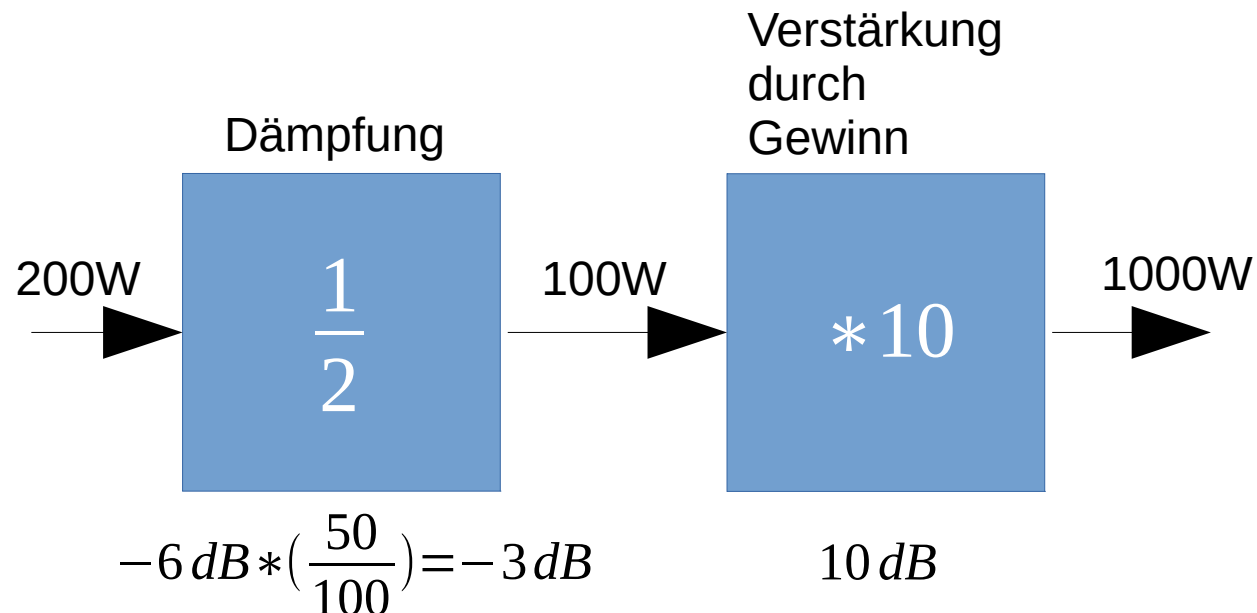
gegeben: Sendeleistung 200W

Dämpfung der Antennenleitung

6 dB / 100m

Kabellänge 50m

Antennengewinn 10dB



AF - Technik 2015 OE1KIS

- Bsp. zur effektive Strahlungsleistung [1.80]

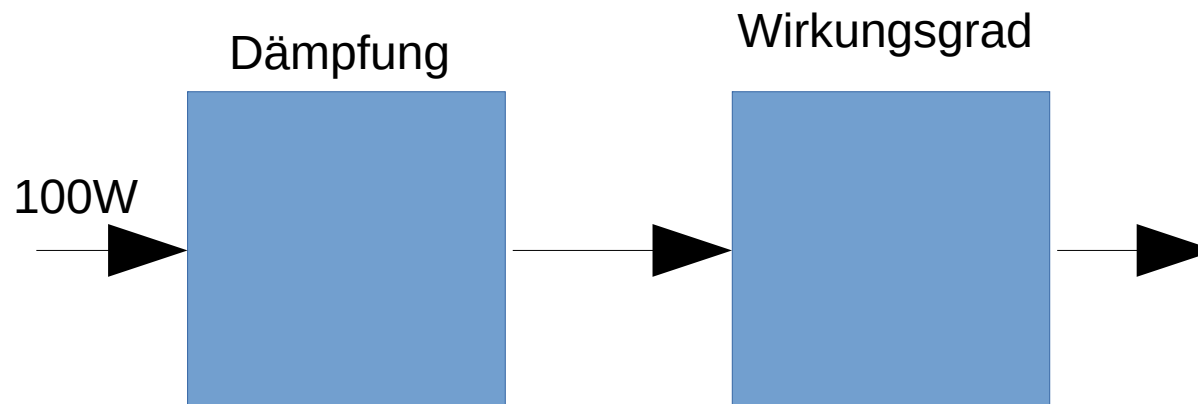
gegeben: Sendeleistung 100W

Dämpfung der Antennenleitung

12 dB / 100m

Kabellänge 25m

Rundstrahlantenne mit Wirkungsgrad 50%



AF - Technik 2015 OE1KIS

- Bsp. zur effektive Strahlungsleistung [1.80]

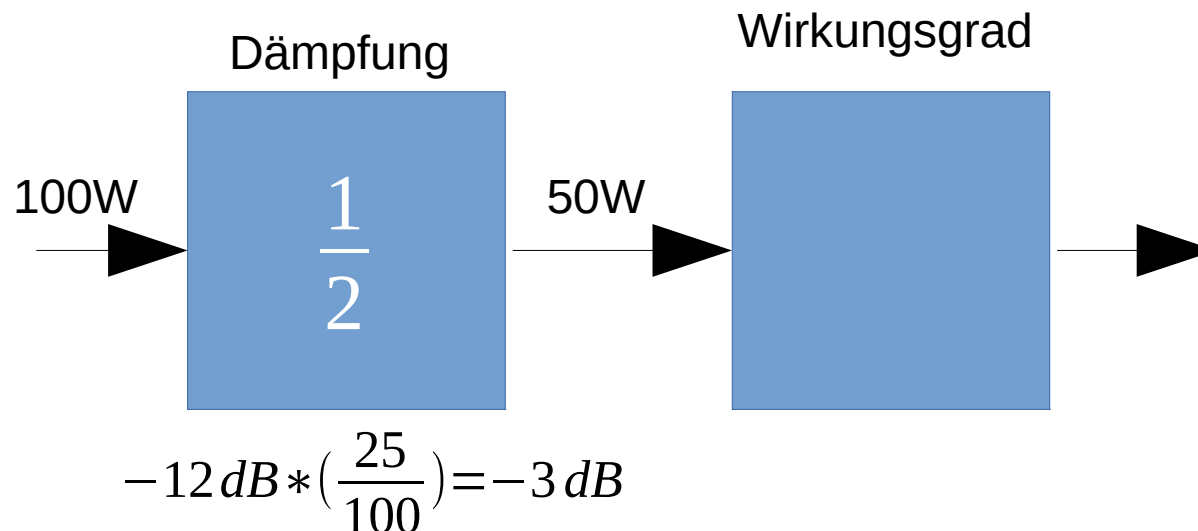
gegeben: Sendeleistung 100W

Dämpfung der Antennenleitung

12 dB / 100m

Kabellänge 25m

Rundstrahlantenne mit Wirkungsgrad 50%



AF - Technik 2015 OE1KIS

- Bsp. zur effektive Strahlungsleistung [1.80]

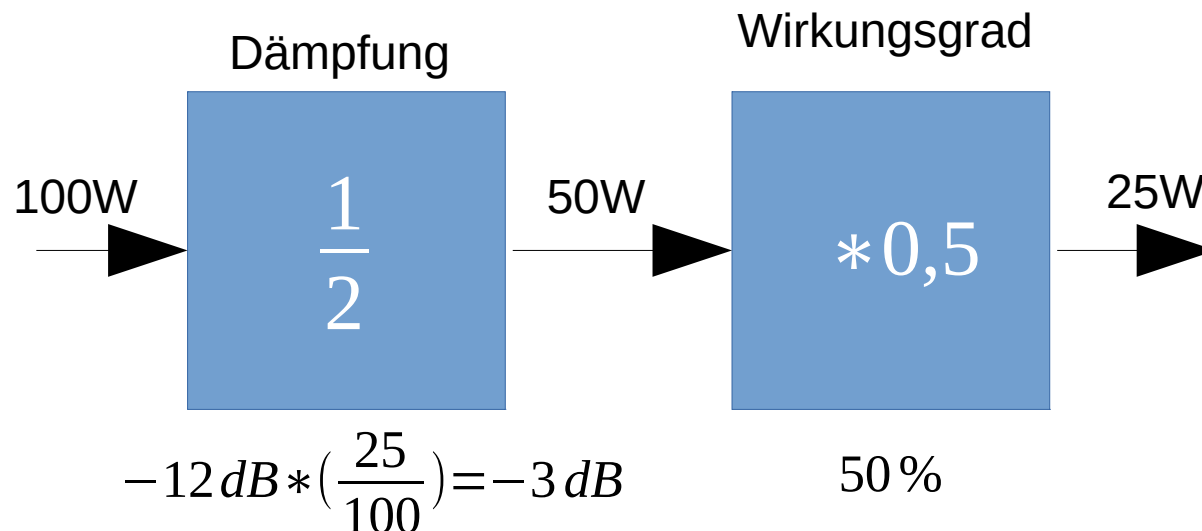
gegeben: Sendeleistung 100W

Dämpfung der Antennenleitung

12 dB / 100m

Kabellänge 25m

Rundstrahlantenne mit Wirkungsgrad 50%



AF - Technik 2015 OE1KIS

Langdrahtantennen

[1.81]

- sind lineare Antennformen $\gg \lambda$
- Gewinn gegenüber Halbwellendipol mit zunehmender Länge ansteigend
- Vorzugsrichtung entlang der Antennenachse
- Hohe Fußpunkt-Impedanz bei Endspeisung

AF - Technik 2015 OE1KIS

Blitzschutz bei Antennanlagen [1.83]

Das Standrohr von Außenantennen und deren Ableitungen (Antennenkabel) müssen über geeignete Komponenten an den Blitzschutz angeschlossen bzw. für sich blitzschutzmäßig geerdet werden.

Ist kein Blitzschutz vorhanden, muss ein Blitzschutz von einer konzessionierten Blitzschutz-Firma installiert werden.

AF - Technik 2015 OE1KIS

Sicherheitsabstände bei Antennen [1.84]

- gesamte Anlage so auslegen, dass elektrische und mechanische Sicherheit gewährleistet ist
- gilt auch für Anlagen bei denen keine elektromagnetischen Felder abgestrahlt werden (Empfangsanlagen)
- Antennenstandrohre sind an Blitzschutz anzuschließen der von Fachmann ausgeführt wurde
- auch baupolizeiliche Bestimmungen sind zu beachten

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Elektromagnetisches Feld, Kenngrößen [1.85]**
bei Abstrahlung elektromagnet. Wellen bildet sich ein Feld
- im leeren Raum breitet es sich mit Lichtgeschwindigkeit aus
- Kenngrößen
elektrische Feldstärke V/m
Polarisation vertikal, horizontal, zirkular
Ausbreitungsrichtung

AF - Technik 2015 OE1KIS

Elektromagnetisches Feld, Kenngrößen [1.85]

- Veränderung des elektr. Feldes bewirkt Erzeugung des magnet.Feldes
- Veränderung des manget.Feldes bewirkt Erzeugung des elektr.Feldes

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Abschirmung** von elektrischem und magnetischem Feld [1.86]
- Zwischen den Kondensatorplatten bildet sich ein **elektrisches Feld** aus
- elektr.Felder können durch leitfähige s.g. Faraday Käfige abgeschirmt werden
- ein **magnetisches Feld** bildet sich um einen stromdurchflossenen Leiter aus
- magnet (Gleich-)felder können nur unvollständig mit ferromagnetischen Stoffen und magnet. Wechselfelder durch elektr. gut leitende Materialien abgeschirmt werden - es kommt zu Wirbelstromverlusten

AF - Technik 2015 OE1KIS

EMV im Amateurfunk

[1.87]

- Elektromagnetische Verträglichkeit

Verhalten von el.Geräten gegenüber elektromagnetischen Feldern

- im Amateurfunk:

Beeinflussung anderer Kommunikationsanlagen

Beeinflussung von elektrischen/elektronischen Geräten

- Beeinträchtigung der bestimmungsgemäßen Funktion der beeinträchtigten Geräte

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **EMVU** im Amateurfunk [1.88 a]

elektromagnetische Umweltverträglichkeit

- Verhalten von biologischem Gewebe bei Einwirkung elektromagnetischer Felder

- Kritische Kenngrößen:

Abstand zur Strahlungsquelle

Sendeleistung

Frequenz

AF - Technik 2015 OE1KIS

EMVU im Amateurfunk [1.88 b]

elektromagnetische Umweltverträglichkeit

Maßnahmen zur Minderung der Exposition:

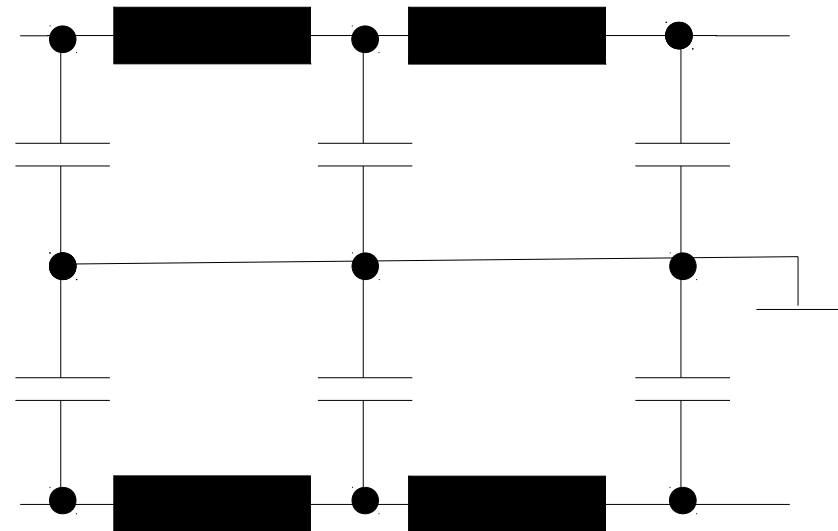
- Abstandvergrößerung zur Antenne
- Absenkung oder Vermeidung der Emission
- Beschränkung der Expositionsdauer

EU-Vorschriften:

- Schutz der Allgemeinbevölkerung
- Schutz der Sicherheit und Gesundheit v. ArbeitnehmerInnen vor physikalischen Einwirkungen

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Funkentstör-Maßnahmen** im Bereich der **Stromversorgung** der AF-Stelle [1.91]
- Durch ein Breitbandnetzfilter an der Netz-Zuleitung kann das Abfließen von HF in das Stromnetz verhindert werden



AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Funkentstörmaßnahmen** bei Beeinflussung durch **HF Ströme** und **Felder** [1.92a]
2 Arten von Störungen:
- **schädliche Störung** durch Nebenausstrahlung des Senders
- **störende Beeinflussung** durch unzulängliche Großsignalfestigkeit eines Rundfunkgerätes BCI oder TV-Gerätes TVI (broadcast- / TV-interference)

AF - Technik 2015 OE1KIS

Möglichkeiten der unerwünschten HF-Ausbreitung

[1.92b]

- durch das **Stromnetz** - Abhilfe: Verdrosselung und Filterung der Netzleiter
- Aussendung von Oberwellen oder Nebenwellen durch Speiseleitung oder **Antenne**
Abhilfe: korrekter Aufbau der Sendestufe, Tiefpassfilter
- **Einströmung** od. **Einstrahlung** auch bei nebenwellenfreier Aussendung

AF - Technik 2015 OE1KIS

- BCI störende Einflüsse auf Rundfunkempfänger [1.92 c]
- TVI störende Einflüsse auf TV-Empfänger
meist durch unzulängliche Großsignalfestigkeit des Empfängers - dann dort zu beheben
- unerwünschte Aussendungen durch schädliche Störungen der Amateurfunkanlage sind vom Funkamateurl zu beseitigen
durch Entkopplung von Antennen, Einbau von Filtern, Verwendung von Abschirmgehäusen

AF - Technik 2015 OE1KIS

Tastclicks

[1.93]

- was sind sie:

Verbreiterung der ausgesendeten Bandbreite bei Telegraphie / CW (vulgo: Morsen)

- Abhilfe: durch RC-Glieder
weichere Hüllkurven bei der Tastung
bewirken Reduzierung der belegten Bandbreite

AF - Technik 2015 OE1KIS

- Unerwünschte Aussendungen, Außerband-A. Nebenaussendungen [1.94]
- **Unerwünschte Aussendungen**
z.B. schlechte Träger und Seitenbandunterdr. bei SSB
- **Außerbandaussendung** - durch nicht unterdrückte Oberwellen
- **Nebenaussendung** - nicht ausgefilterte unerwünschte Mischprodukte oder Selbsterregung von Verstärkerstufen im Sender

AF - Technik 2015 OE1KIS

Splatter

[1.95]

- Störungen bei SSB oder AM Sendung durch nichtlineare Kennlinien in der Signalverarbeitung
- meist durch Übersteuerung der Endstufe - überbreite belegte Bandbreite und schlechte Verständlichkeit

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Schädliche Störung** [1.96]
Gefährdung, ernsthafte Beeinträchtigung bzw.
mehrfache Unterbrechung
von anderen Funkdiensten insbes. solchen zur
Navigation und der Sicherheit

AF - Technik 2015 OE1KIS

Bakenfunkstelle

[1.97a]

- quasi „Leuchtturm des Funks“
Sender an hochgelegenenem Standort
sendet sein Rufzeichen in CW

<http://www.ncdxf.org/pages/beacons.html>

Android App: „NCDXF Beacon“

in VHF/UHF Baken in AT:

<http://www.oevsv.at/funkbetrieb/bakenlisten.html>

AF - Technik 2015 OE1KIS

Relaisfunkstellen

[1.97 b]

- ermöglichen Funkverbindung über weitere Strecken
- empfangenes Signal wird auf anderer Frequenz ausgesendet
- haben ein eigenes Rufzeichen das in CW oder Phonie ausgesendet wird

Android Apps: „RepeaterBook“, „DTMF Tone Generator“

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Senderleistung**

(lt. §1 AFV =Amateurfunkverordnung)

ist die der Antennenspeiseleitung zugeführte Leistung

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Spitzenleistung** = PEP peak envelope power
ist die Effektivleistung die ein Sender während einer Periode der HF-Schwingung an der höchsten Spitze der Modulationshüllkurve unverzerrt der Antennenspeiseleitung zuführt
- die PEP ist die höchste verzerrungsfrei erzielbare Effektivleistung eines SSB Senders
[1.99]

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Interferenz** (= Überlagerung) [1.101]
in elektronischen Anlagen
im Falle von Funk:
Überlagerung erwünschter und unerwünschter Signale
Ursachen meist durch Aufbau bzw. Konzept der
Empfangsanlage
- Abhilfe:
selektive Eingangsfiler
hochwertige ZF-Filter

AF - Technik 2015 OE1KIS

- **Blocking**

[1.102]

starkes Fremdsignal übersteuert Eingangsstufe und macht Empfang schwächerer Signale unmöglich

- **Intermodulation**

unbeabsichtigte Mischung von mehreren Signalen in einer Empfängerstufe

durch Mischprodukte werden Signal(quellen)

vorgetäuscht

(unterscheide unerwünschte Nebenaussendungen!)

AF - Technik 2015 OE1KIS

Gefahren durch elektrischen Strom [1.103 a]

- Der menschliche Körper: Hautfeuchtigkeit bewirkt bessere Leitfähigkeit
- Spannungen über 50V(effektiv) werden als gefährlich eingestuft da sie gefährliche Ströme bewirken können
- Es muss verhindert werden, dass Personen in den el. Stromkreis geraten

AF - Technik 2015 OE1KIS

Gefahren durch elektrischen Strom [1.103b]

- Wirkungen eines Stromschlages
 - Verbrennungen
 - Herzflimmern
 - Herzstillstand

AF - Technik 2015 OE1KIS

Sicherheitsmassnahmen bei Betrieb von **hochspannungsführenden Geräten** [1.104]

- Alle Hochspannung führenden Geräteteile müssen in einem allseitig geschlossenen **Hochspannungskäfig** mit **Deckelschalter** eingebaut werden
- Vor Entfernung des Deckels Netzstecker ziehen und einige Minuten abwarten damit auch Hochspannungskondensatoren entladen - dafür sind Entladewiderstände parallel zu schalten
- Niemals an eingeschalteten Hochspannungsgeräten arbeiten!

AF - Technik 2015 OE1KIS

Gefahren durch Gewitter

[1.105]

- Antennen sind meist hoch angebracht
Gefahr eines Primärblitzschlages
d.h.direktes Einschlagen des Blitzes
- Sekundärblitzschlag erfolgt durch induktive Übertragung
der Blitz-Energie
z.B. in die 230V Leitung
- Vorbeugung: Funkbetrieb einstellen, Antenne vom
Transceiver trennen und erden,
korrekter Blitzschutz muss vorhanden sein

AF - Technik 2015 OE1KIS

Technische Grundlagen
für die Bewilligungsklassen 3 und 4

AF - Technik 2015 OE1KIS

In welchem **Zusammenhang** stehen die Größen **Strom, Spannung, Widerstand** in **einem Stromkreis** [3-4.1]

- Den Zusammenhang gibt das ohmsche Gesetz:

Spannung = Strom x Widerstand

$$U = I * R$$

die zugehörigen Maßeinheiten sind

Volt, Ampere und Ohm $[U]=1V$ $[I]=1A$ $[R]=1\Omega$

Kurzschluss

[3-4.2]

ist eine nicht betriebsmäßig vorgesehene leitende Verbindung von zwei Schaltungspunkten

Bei einem **Kurzschluss an der Stromquelle** wird diese über einen meist recht hohen Kurzschlussstrom in kurzer Zeit entladen und dabei meist überhitzt und damit zerstört

AF - Technik 2015 OE1KIS

Stromquellen

[3-4.3]

- **Primärbatterien** erzeugen (irreversibel = nicht wieder aufladbar) eine el.Spannung zufolge eines chemischen Prozesses
- **Sekundärbatterien** (Akkumulatoren) können wieder aufgeladen werden

Beide Batterie-Arten stellen Gleichstrom zur Verfügung

- **Kenngrößen**

[3-4.4]

(Leerlauf-)Spannung

Strombelastbarkeit

Kapazität in Ah (AmpereStunden)

AF - Technik 2015 OE1KIS

Wechselstromquellen

[3-4.5]

liefern Strom der mehrmals in der Sekunde seine Richtung wechselt (z.B. aus Steckdose)

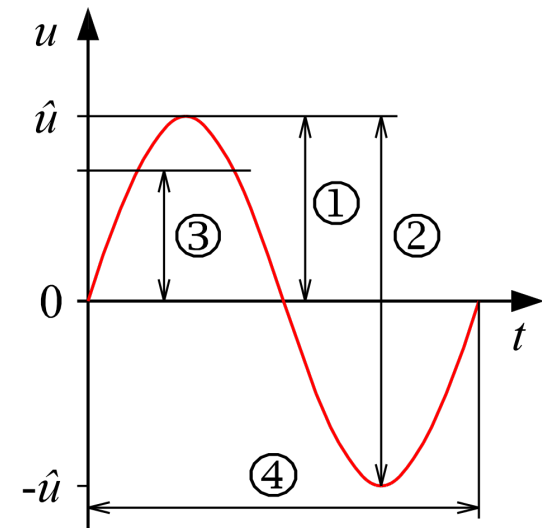
Frequenz in Hz (Hertz) gibt die Anzahl der Wechsel pro Sekunde an

Effektivwert der Spannung

gefährlich:

$$u_{eff} > 50 \text{ V}$$

$$\frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = u_{eff}$$



AF - Technik 2015 OE1KIS

- AGC - automatic gain control [3-4.24]
automatische Verstärkungsregelung
- AFC - automatic frequency control
automatische Frequenzregelung

AF - Technik 2015 OE1KIS

Links:

- **bmvit - Fragenkatalog Amateurfunkdienst**

http://www.bmvit.gv.at/telekommunikation/funk/funkdienste/downloads/amateur_fragen.pdf

- **Österreichischer Versuchssenderverband**

<http://www.oevsv.at/>

AF - Technik 2015 OE1KIS